காற்று ஆற்றல்

அனைவருக்கும் அறிவியல்

காற்று ஆற்றல்

சுனில் பி. அதாவாலே

தமிழாக்கம்
ஜீவா



நேஷனல் புக் டிரஸ்ட், இந்தியா

கன்னியாகுமரியிலிருந்து 10 கி.மீ தொலைவில் அமைந்துள்ள காற்றாலை.

படஉதவி : அவினாஷ் பஸ்ரிகா, ஸ்பான் பத்திரிகை

ISBN 81-237-2992-8

முதற்பதிப்பு, 2000 (சக 1921)

ரூ. **30.00**

Wind Energy (*Tamil*)

வெளியீடு: இயக்குநர், நேஷனல் புக் டிரஸ்ட், இந்தியா
ஏ-5 கிரீன் பார்க், புதுதில்லி - 110 016

பொருளடக்கம்

என் தந்தை டாக்டர் பி.டபிள்யூ. அதாவாலே
தாயார் திருமதி ரோகிணி பி. அதாவாலே
ஆகியோருக்கு காணிக்கை.

நன்றியுரை

இந்த நூலை எழுதுவதற்கு ஆதரவளித்ததற்காகவும், தொழில்நுட்ப ஆதாரங்களைக் கொடுத்து வழிகாட்டியதற்காகவும், பின்வரும் நபர்கள், நிறுவனங்கள், அமைப்புகள், மையங்கள் அனைவருக்கும் நூலாசிரியரின் நன்றி உரியது.

அட்லர் விண்ட்டெக்னிக் நிறுவனம், ஜெர்மனி; அமெரிக்க காற்று ஆற்றல் சங்கம், வாஷிங்டன் டிசி.; டேனிஷ் காற்றாலை உற்பத்தியாளர்கள் சங்கம், ஹெர்னிங், டென்மார்க்; அம்பாசேட் வான் பெல்ஜி, பெல்ஜியம் தூதரகம்; பிரிட்டிஷ் காற்று ஆற்றல் சங்கம், லண்டன்; சி.ஈ.டி.யு.எஸ்.டி., ஃபிரெஞ்சு தூதரகம்; கனடா தூதரகம், புதுதில்லி; டேனிஷ் ஆற்றல் அமைச்சகம், டென்மார்க்; மரபுசாரா ஆற்றல் வளத்துறை, இந்திய அரசு; டேனிஷ் ஆற்றல் ஏஜென்சி, கோபன்ஹேகன், டென்மார்க்; டேனிஷ் தொழில்நுட்ப மையம், டாஸ்டிரப், டென்மார்க்; டிஓஈ. தொழில்நுட்பத் தகவல் மையம், அமெரிக்கா; டாக்டர் ஏ.பி. சப்ரே, உயர் அறிவியல் அதிகாரி, அறிவியல் மற்றும் தொழில்நுட்பப் பிரிவு, மகாராஷ்டிரா அரசு; க்ரண்டஃபோஸ் இன்டர்நேஷனல், டென்மார்க்; ஆற்றல் தொழில்நுட்ப ஆதரவுப் பிரிவு, இங்கிலாந்து; மெக்சிகோ தூதரகம், புதுதில்லி; தேசிய காற்று டர்பைன் மையம், ஸ்காட்லாந்து; நாஸா லெவிஸ் ஆய்வு மையம், ஒஹியோ, அமெரிக்கா; என்.எஸ் காலே, முரும் மாவட்டம், உஸ்மானாபாத்; ஆர்.ஐஎஸ். நேஷனல் லாபரடரி, டென்மார்க்; புதுப்பிக்கக்கூடிய ஆற்றல் தகவல் மையம், டென்மார்க்; புதுப்பிக்கக்கூடிய ஆற்றல் மையம், இங்கிலாந்து; நார்வே தூதரகம், புதுதில்லி; எஸ்.ஈ.ஆர்.ஐ. காற்றாலைத் திட்டம், பொலிவர்டு, அமெரிக்கா; தொழில்நுட்ப உதவிச் சேவை, வர்ஜீனியா, அமெரிக்கா; வெஸ்டாஸ்-டேனிஷ் காற்று ஆற்றல் தொழில்நுட்ப அமைப்பு, டென்மார்க்; அமெரிக்க அரசின் ஆற்றல் துறை, டென்னசி, அமெரிக்க ஐக்கிய நாடுகள்; 'காற்று ஆற்றல்' மாத இதழ், டென்மார்க்; நார்ட்டாங்க் ஆற்றல் குழு, டென்மார்க்;

'ஸ்பான்' பத்திரிகை, யு.எஸ்.ஐ.எஸ்., புதுதில்லி, இந்திய புதுப்பிக்கக் கூடிய ஆற்றல் மேம்பாட்டுத் துறை, (ஐ.ஆர்.ஈ.டி.ஏ.), புதுதில்லி; பூஷண் ககரானி, மாவட்ட ஆட்சித் தலைவர், சிந்துதுர்க்.



முன்னுரை

1986ஆம் ஆண்டு மகாராஷ்டிர மாநில மின்சார வாரியமும், இந்திய அரசின் மரபுசாரா ஆற்றல்வளத் துறையும் இணைந்து, மகாராஷ்டிராவில் உள்ள டியோகாட் என்னும் இடத்தை காற்று ஆற்றல் மூலம் மின்சாரம் தயாரிப்பதற்கு ஏற்ற இடமாகத் தேர்ந்தெடுத்து, மகாராஷ்டிர மாநிலத்தின் முதல் காற்று ஆற்றல் டர்பைனை அமைத்தன. இந்த மின்சார விசையாழி கடற்கரை ஓரமாக அமைக்கப்பட்டிருந்ததால், காற்றின் வேகம் தேவைக்கேற்ற அளவு இருந்தது. காற்று ஆற்றல் பற்றிய திட்ட அறிக்கையை நான் படித்த போது, காற்று ஆற்றலின் பலன்களைக் கண்டு உண்மையிலேயே நான் மெய்மறந்தேன். இத்துறையில் எனக்கு ஈடுபாட்டைத் தூண்டியதற்காக மகாராஷ்டிர அரசுக்கும், இந்திய அரசுக்கும் நான் நன்றியுடையவன்.

இந்த ஈடுபாடுதான், இந்தத் திட்டம் தொடங்கியதில் இருந்து முடியும் வரை அதைப் பற்றி நான் அறிவதற்கு வழி வகுத்தது. அப்போது சில சிக்கல்களையும், பிரச்சினைகளையும் நான் சந்திக்க நேர்ந்தது. திட்டத்தின் பொறுப்பாளராக இருந்தவரும், துறை போகிய வல்லுனருமான திரு நீல்காந்த் ஜிவானே, தானாகவே முன்வந்து உடனடியாக அவற்றைத் தீர்த்து வைத்தார். டியோகாட் காற்றாலைப் பண்ணை பற்றி நான் அறிந்து கொண்டேன்; ஆனால் எனக்குள் இருந்த ஆர்வம், டியோகாட் திட்டம் மட்டுமின்றி, காற்றாலைகளின் வரலாறு, அவற்றின் பரிமாண வளர்ச்சி, அபி விருத்தி, வடிவமைப்பு மாற்றங்கள், அடிப்படை காற்றாலைக் கொள்கை, தொழில்நுட்பம் ஆகியவற்றை ஆழத் தெரிந்து கொள் ளுமாறு என்னைத் தூண்டியது.

டியோகாட் ஒரு சிற்றூராக இருந்ததால் என் பிரச்சினை களைத் தீர்க்கும் தகவல்களை அது வழங்க முடியவில்லை; எனவே, தேவையான விவரங்கள் தரக்கோரி, இந்தியாவிலும், வெளிநாடு களிலும் இருந்த பல தூதரகங்களுக்கும், நூலகங்களுக்கும்,

நிறுவனங்களுக்கும் நான் கடிதங்கள் எழுதினேன். நான் கேட்ட விவரங்கள் அனைத்தையும் வழங்கிய வெளிநாட்டு நிறுவனங்கள், தனிநபர்கள் அளித்த ஒத்துழைப்பைக் கண்டு நான் வியந்து போனேன். ஆனால் உள்நாட்டிலிருந்து கிடைக்காத ஒத்துழைப்பு என்னை விரக்தியடைய வைத்தது. ஒருவேளை இத்துறையைப் பற்றிய தகவல்கள் நம்மிடம் இல்லையோ, அல்லது, இந்தியர் களாகிய நாம் நம்மிடம் இருக்கும் தகவல்களைப் பகிர்ந்து கொள்ள விரும்புவதில்லையோ என்று என்னை சிந்திக்க வைத்தது. காரணம் எதுவாக இருந்தாலும் சரி, காற்று ஆற்றல் துறையைப் பற்றிய அறிவைப் பெற சாமானிய மனிதன் எண்ணினால் அவனுக்கு வேண்டிய தகவல்கள் கிடைக்காது என்ற என் கருத்து உறுதி யானது. எனவே, காற்று ஆற்றலின் முக்கியமான அடிப்படை களைப் பற்றி ஒரு நூல் எழுதுவது என முடிவு செய்தேன்.

துவக்கத்தில், இத்துறையைப் பற்றிய வரலாறு, அடிப்படைக் கொள்கைகள், நடைமுறைப்படுத்தல், எதிர்கால முன்னேற்றங்கள் ஆகியவற்றைப் பற்றிய கட்டுரைகளை எழுதினேன். அவை 1987-88 ஆகிய ஆண்டுகளில் மராத்தி மொழி அறிவியல் இதழான 'தியான் விகாஸ்' என்ற பத்திரிகையில் வெளியாயின. என்னுடைய பணியின் காரணமாகவோ அல்லது நேரமின்மை காரணமாகவோ, நீண்டகாலத்துக்கு அந்தக் கட்டுரைகள் என்னிடம் வெறுமனே கிடந்தன. அவை எப்போது மீண்டும் எடுக்கப்பட்டன என்று சரியாக என்னால் சொல்ல முடியவில்லை. அது வளைகுடாப் போர் நடைபெற்ற நேரம். அப்போது ஈராக் அதிபர் சதாம் உசேனைப் பற்றி என்னால் நினைக்காமல் இருக்க முடியவில்லை. புதைபடிவு எரிபொருட்கள் தீராத வளங்கள் அல்ல; எண்ணெய் சப்ளை தடைப்பட்டால் வளர்ந்த மற்றும் வளர்ந்து வரும் பல நாடுகளின் பொருளாதாரங்களில் முடக்கம் ஏற்படும்; மாற்று ஆற்றல் வளங்களைப் பற்றி நாடுகள் சிந்தித்தாக வேண்டும்; மரபுசாரா ஆற்றல் துறை மேம்படுத்தப்பட வேண்டும் என்று பல நாடுகளையும் சிந்திக்க வைத்தது அந்த வளைகுடாப் போர். எரிசக்திப் பிரச்சினையின் தீவிரத்தை மக்கள் பலரும் — நான் உட்பட — உணர வைத்தது அந்தப் போர். என்னிடமிருந்த கட்டுரைகளைப் புரட்டிப் பார்த்தேன். புள்ளிவிவரங்களை மறு பரிசீலனை செய்தேன். தேவையான கூடுதல் தகவல்களைத் திரட்டு வதென முடிவு செய்தேன், வெற்றியும் பெற்றேன்.

காற்று ஆற்றல் துறை என் தொழிலுக்கு முற்றிலும் தொடர் பில்லாத துறை என்பதை அறிந்து நீங்கள் வியப்படையலாம். பணியால் நான் மருத்துவன். ஆயினும், அறிவியலும், அறிவியல் தகவலும் எப்போதுமே எனக்கு ஆர்வமேற்படுத்திய துறைகள்.

பல்வேறு துறைகளைப் பற்றிய என்னுடைய பல கட்டுரைகள் முன்னணிப் பத்திரிக்கைகளில் வெளிவந்துள்ளன; என்றாலும், இந்தப் பணி, காற்று ஆற்றல் துறை பற்றிய அடிப்படை அறிவியல் மற்றும தகவல்களை உள்ளடக்கிய பணி, எனக்கு முற்றிலும் புதிய அனுபவம், நான் எண்ணிப் பார்த்திராத அனுபவம்.

நூலை எழுதி முடித்த போது, நான் இருந்த பகுதிக்கு 200 கி.மீ. சுற்றளவில், கையெழுத்துப் பிரதிக்கு ஏற்ற வரைபடங்கள் வரையக்கூடிய ஓவியர் யாரும் கிடைக்கவில்லை என்ற பிரச்சினை எழுந்தது. ஆயினும், என் துணைவியார் டாக்டர் மஞ்சு ஷா, பதிப்பகத்தாருக்காக தானே சில மாதிரி வரைபடங்களை வரைந்தார். இந்தப் பணி முடிந்தவுடன், என் நண்பர் பேராசிரியர் மகேஷ் பாலேகர் (கோகடே கல்லூரி, ரத்னகிரி) அவர்களிடம் நூலைப் படித்துப் பார்க்குமாறு வேண்டினேன். மகிழ்வோடு அதை ஏற்றுக் கொண்ட அவர் நூலைப் படித்து அதில் சில குறைகளை சுட்டிக் காட்டினார். என் நண்பர் திரு நீல்காந்த் ஜிவானே அவர் க்ளும் நூலைப் படித்து, அதை மேம்படுத்த ஆலோசனைகளை வழங்கினார். கையெழுத்துப் பிரதியை இறுதியாக மெருகேற் றியவர்கள் அவர்கள் இருவரும்தான்.

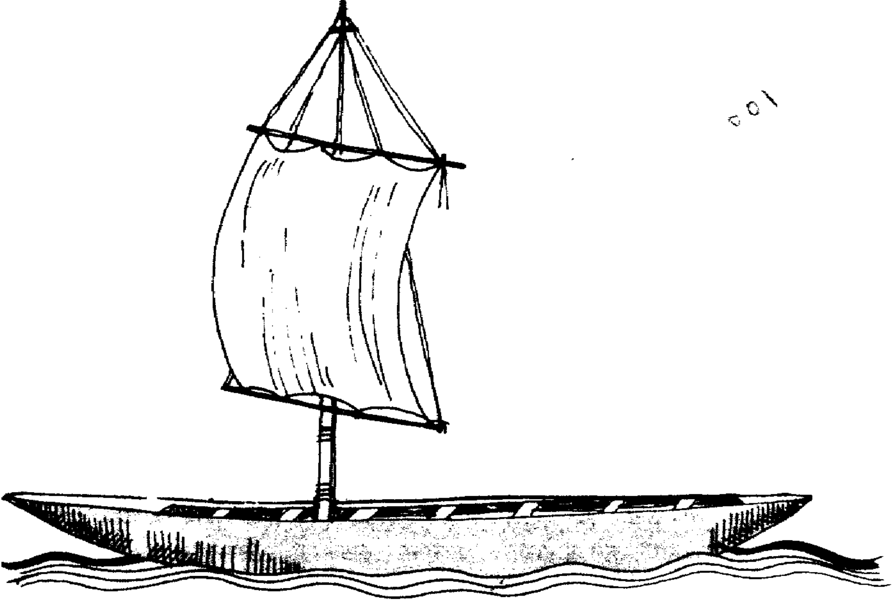
கடந்த காலத்தில், பல ஆண்டுகளாகவே காற்று ஆற்றல் என்பது புதிய புனைவு என்றும், நுழைவதற்கேற்ற துறையல்ல என்றும் கருதப்பட்டு வந்தது. ஆனால் இன்று, சிக்கனமாக செலவிலும், திறனுடனும் காற்றிலிருந்து ஆற்றலைப் பெற்று, எரிசக்திப் பற்றாக்குறையைத் தீர்க்க முடியும் என்று தெரிந்து விட்டது. இனியும் அது கனவல்ல, ஒரு நிதர்சனம்.

சுநில் பி. அதாவாலே

1

காற்று ஆற்றலின் வரலாறு

சூரியன், ஒவ்வொரு நிமிடமும் ஐந்து மில்லியன் டன் அளவு ஜடப்பொருள்களை ஆற்றலாக மாற்றுகிறது. இந்த ஆற்றலில் மிகச் சிறிய அளவு பல்வேறு வடிவங்களில் பூமியை வந்தடைகிறது. அவற்றில் காற்று ஆற்றலும் ஒன்று. காற்றின் ஆற்றலானது, காற்றின் இயக்க ஆற்றல் சக்தியிலிருந்து உருவாக்கப்பட்டு, இயந்திர அல்லது மின்சார ஆற்றல் போன்றதொரு பயனுள்ள சக்தியாக மாற்றப் படுகிறது. வரலாறு எழுதத் தொடங்கிய காலம் தொட்டே காற்று ஆற்றலின் பயன்பாடு இருந்து வருகிறது. காற்றிலிருந்து அதன் ஆற்றலை வெளிக்கொணர்தல் பற்றிய கருத்து கி.மு. 4000 ஆண்டிலேயே உருவாகி இருந்தது. அப்போதே, பாய்மரங்களைக்



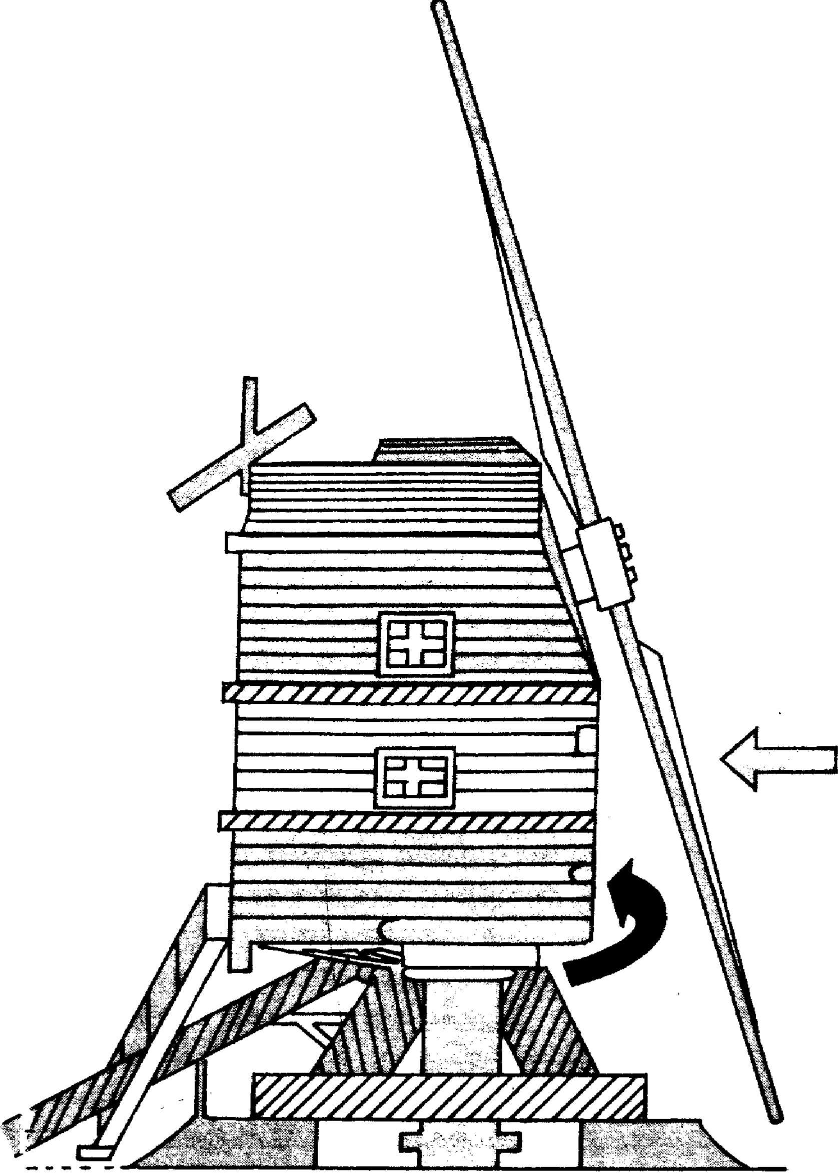
படம் 1. நைல் நதியில் ஒரு பாய்மரப்படகு

கொண்ட கப்பல்களை பழங்கால எகிப்தியர்கள் பயன்படுத்தினர். (படம் 1). விலங்குகளின் சக்திக்கு மாற்றாக ஏற்பட்ட முக்கிய இயந்திரங்களில், காற்றுவிசை ஆலைகளும், நீர்விசை ஆலைகளும் அடங்கும். ஏழாம் நூற்றண்டைச் சேர்ந்த அரபு எழுத்தாளர்கள் தங்கள் படைப்புகளில் கி.பி. 644இல் இருந்த பாரசீக ஆலைகளைப் பற்றிக் குறிப்பிட்டுள்ளார்கள். பாரசீகம் (ஈரான்) மற்றும் ஆஃப்கானிஸ்தான் நாடுகளின் எல்லைப் பகுதியில் 'செயிஸ்டன்' எனுமிடத்தில் இந்த ஆலைகள் அமைந்திருந்தன. இந்தக் காற்றாலைகள் கற்களை அரைப்பதற்கு தேவையான சக்தியைத் தருவதற்குப் பயன்பட்டன. ஆனால் இவை மேற்கத்திய நாடுகளின் நன்கறியப்பட்ட காற்றாலை வகையினில் இல்லாமல் படுக்கை வசத்தில் இருந்தன. ஆதிகால நீளச்சு அல்லது 'பானிமோன்' வகை காற்றாலைகளில் நீளவாக்கில் இருக்கும் கம்பத்தில் பாய்கள் கட்டப்பட்டிருக்கும். இவை நிலையான ஒரு கட்டிடத்தில் வைக்கப் பட்டு கியர்கள் ஏதுமின்றி நேரடியாக, இரண்டு கற்களை உரசு வதற்காக அமைக்கப்பட்டிருக்கும். இவை அனைத்தும், திறந்த கூரையுடன் நீளவாக்கில் அமைந்த கட்டிடத்தினுள் வைக்கப்பட்டு இருக்கும். காற்று உள்ளே புகுவதற்கான வழியும், வெளியேறு வதற்கான வழியும் ஒன்றுக்கொன்று நேரெதிராக அமைக்கப்பட் டிருக்கும். காற்று தானாக முழு கட்டிடத்திற்கும் விரிந்துசெல்லும். படுக்கை வச காற்றாலைகள், திபெத் நாட்டில் ஜபசக்கரங்களை சுழற்றுவதற்காகவும், சீன நாட்டில் பாசனத்திற்குத் தேவையான நீரை இறைப்பதற்காகவும், கடல்நீரிலிருந்து உப்பு தயாரிப்பதற் காகவும் பயன்பட்டன. மாவீரன் செங்கிஸ்கான்தான் (கி.பி. 1167-1227) சீனாவில் காற்றாலைகளை அறிமுகப்படுத்ினார். அவர் ஈரானைச் சேர்ந்த திறமை வாய்ந்த தொழில் நிபுணர்களை சிறைப்பிடித்து சீனாவிற்குக் கொண்டு சென்றார். அங்கு காற்று சக்தியைக் கொண்டு நவீன முறையில் இயங்கும் நீர்ப்பாசன முறையை அமைத்தார். மேலும், தேவையை சமாளிக்கும் அளவிற்கு நன்கு அவை மேம்படுத்தப்பட்டன. சீன மக்களும் இந்தக் கண்டு பிடிப்பை ஏற்றுக்கொள்ளத் தொடங்கினர். மிக சீக்கிரமாகவே காற்றாலைகள் பிரபலமடைந்தன.

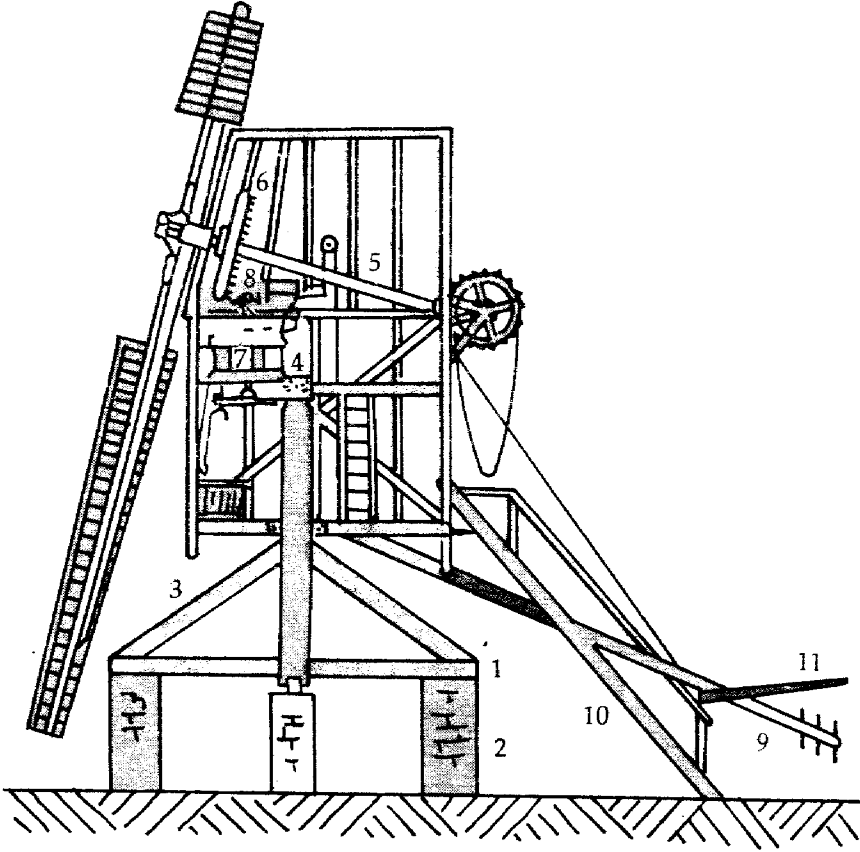
இங்கிலாந்து மற்றும் ஃபிரான்ஸ் தேசங்களில் காற்றாலைகள் அறிமுகமானது பற்றி ஏராளமான கருத்துக்கள் உண்டு. அவற்றில் பிரசித்தி பெற்ற ஒன்று, கிழக்கத்திய நாடுகளில் சண்டையிடச் சென்றவர்கள் தாங்கள் அங்கு கண்ட காற்றாலைகள் பற்றிய செய்திகளை கொண்டு வந்தனர் என்பது. 1180ல் 'நார்மேண்டி' மற்றும் 'ப்ராவென்ஸ்' ஆகிய இடங்களில் 1185, 1187 ஆண்டுகளில் முறையே 'யார்க்ஷயர்', 'ஸஃபோக்' ஆகிய இடங்களில் முதன்

முதலில் காற்றாலைகள் இருந்ததாக நம்பத்தகுந்த ஆதாரங்கள் கூறுகின்றன. அவை அனைத்தும் ஏறக்குறைய நேர் அமைப்பு பாய்கள் கொண்ட வகையைச் சார்ந்தவை.

காற்றின் சக்தியை வெளிக்கொணர்தல் பற்றிய கருத்தும் அதைச் சார்ந்த தொழில் நுட்பமும் அராபியர்கள் வழியாகத்தான் மேற்கு ஐரோப்பாவை அடைந்தன. ஐரோப்பியக் காற்றாலைகள்



படம் 2. ஐரோப்பாவில் ஒரு கம்ப ஆலை



படம் 3. கம்ப ஆலை. 1. குறுக்குக் கம்பம், 2. கற்சுவர், 3. கால் கம்புகள், 4. கிரீடக்கம்பு, 5. காற்று நீள் உருளைகள், 6. ப்ரேக் சக்கரம், 7. கற்கள், 8. புரள்சக்கரம், 9. வால் கம்பம், 10. ஏணி, 11. லிவர்.

கம்ப ஆலை வகையைச் சார்ந்தவை. இதில் முழு இயந்திரமும் ஒரு கம்பத்தில் மாட்டப்பட்டிருந்தது. (ஒரு மரப்பெட்டி போன்ற வடிவத்தில் ஆலைக்கற்கள் மற்றும் இயந்திர அமைப்பும் இறுக்கி வைக்கப்பட்டிருந்தன). கம்பத்தில் பாய்கள் கட்டப்பட்டு நிலத்தில் ஊன்றப்பட்டிருக்கும். அது ஆலையினை திருப்புவதற்கான முனையாக செயல்படுவதால், காற்றினை அதுவே எதிர்கொள்ள வேண்டும் (படம் 2). இதுபோன்ற வகை காற்றாலைகள் மெகானிகல் ப்ரேக் போன்றதொரு சிறப்பு 'வேலை முடக்கம்' தவிர்க்கும் கருவியினைக் கொண்டிருந்தது. ஒரு சில கம்ப ஆலைகள் மூழ்கிய கம்ப வகையினைச் சேர்ந்தவை. அவற்றில் கம்பமும், அதைத் தாங்கும் அமைப்புகளும் நிலத்தினுள் புதைக்கப் பட்டு இருக்கும். இது போன்ற கம்ப ஆலைகள் முதன்முதலில்

1180இல் ஃ பிரான்ஸிலும், 1190இல் சிரியாவிலும், 1191இல் இங்கிலாந்திலும் தோன்றின (படம் 3).

கம்பம் இரண்டு படுக்கை வச குறுக்குக் கம்புகளினால் (1) நிறுத்தப்பட்டு, அதன் முனைகளை கற்சுவர்கள் (2) தாங்கி நிற்கின்றன. ஆலையின் முழுபாரமும் கற்சுவர்களுக்கு சிறுகம்புகள் அல்லது கால் கம்புகள் (3) வழியாக செலுத்தப்படுகிறது. இந்த சிறுகம்புகள் கம்பத்துடன் இணைக்கப்பட்டு, கற்சுவர்கள் மேல் குறுக்குக் கம்புகள் மேல் சாய்ந்துகொண்டிருக்கும். மேலும் இவை 'பறவை-வாய்' இணைப்பைக் கொண்டிருப்பதால் வழுக்கி விழாமல் இருக்கின்றன.

துணை அமைப்பு முழுவதும் உருளை வடிவ கட்டிடத்தினுள் இருப்பதால், அவை அனைத்தும் பத்திரமாக இருப்பதோடு, அதுவே எப்போதும் இருக்கும் இடமாகவும் அமைகிறது. கம்ப ஆலையின் உடல் பகுதியின் முதல் தளத்தை தாண்டி மேலே சென்று அங்குள்ள கிரீடக்கம்பு (4) எனப்படும், படுக்கைவச கம்புடன் இணைக்கப்படுகிறது. ஆலையின் முழு உடலும், கற்கள் மற்றும் இயந்திரங்களைக் கொண்டு இதன்மேல் அமைக்கப் படுகிறது. பாய்கள் போன்ற விசிறிகள் காற்று நீள் உருளைகள் (5) மேல் ஏற்றப்பட்டிருக்கும். இந்தக் காற்று நீள் உருளைகள் சம தளத்திலிருந்து 5° லிருந்து 15° கோணம் வரை சாய்வாக இருக்கும். இதனால் பாய்விசிறிகள் ஆலையின் கீழ் பகுதியின் மேல் மோதக் கூடிய சாத்தியம் தவிர்க்கப்படுகிறது. ஆலையின் உட்பகுதியில் காற்று நீள் உருளையின் மேல், ப்ரேக் சக்கரம் (6) எனப்படும், ஆலையினை நிறுத்தப் பயன்படும் ப்ரேக் அமைப்பு ஏற்றப் பட்டுள்ளது. இந்த சக்கரம் கியர் சக்கரங்களுடன் இணைக்கப்பட்டு, இதன்மூலம் உந்துதல் பெறப்படுகிறது. சில நேரங்களில் கற்கள் (7), புரள்சக்கரம் (8) எனப்படும் அமைப்பினால் நேரடியாக உந்தப்படுகிறது. சிலசமயம் நேரடியாக இல்லாமல், கியர் ஸ்பர் சக்கரங்களாலும் 'ஸ்டோன் நட்' எனப்படும் ஸ்பர் முனைகளால் உந்தப்படும். மேலும், ஆலையின் வால் முனையிலிருக்கும், அதிகப் படியான கற்களை உந்துவதற்காக, ப்ரேக் சக்கரத்தைக் காட்டிலும் சிறியதான ஒரு இரண்டாவது சக்கரமும், காற்று நீள் உருளையின் பின்பகுதியின் மேல் வைக்கப்பட்டிருக்கும்.

ஆலையின் மேற்பகுதிக்கு சாக்கு-தூக்கி மூலம் அரைக்கப்பட வேண்டிய தானியம் முதலில் மேலேற்றப்படுகிறது. இதற்குத் தேவையான உந்துதலை, ப்ரேக் சக்கரம் மூலமாக கியர் அமைப்பி னாலோ, காற்று நீள்உருளையிலிருந்து பெல்ட் மூலமாகவோ அல்லது வேறு வழிகளிலோ பெறலாம். பெரும்பாலான சமயங்களில் 'வழுக்கும் பெல்ட்' அடிப்படையில் உந்து அமைப்பு

செயல்பட, பெல்ட் இறுக்கமாக்கப்படும்போது அது மேற்கொள்ளப்படுகிறது. கம்ப ஆலையானது வால்கம்பம் (9) மூலமாக காற்றில் செயல்படத் தொடங்குகிறது. பொதுவாக ஆலையின் பின்புறமுள்ள ஏணி (10), ஆலையின் உடல் பகுதியினை அணுக ஏதுவாகவும், நிலத்தில் நின்றவாறு, ஆலை செயல்படும்போது அதன் பின்புறத்தை தாங்கி நிற்பதற்காகவும் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. ஆலை செயல்படத் தொடங்குமுன், இந்த ஏணி ஒரு லிவர் (11) மூலமாக நிலத்திலிருந்து மேலே ஏற்றப்பட, அதன் பின்னர், வால் கம்பத்தினை உள்ளே தள்ளுவதன் மூலம் ஆலை செயல்படத் துவங்குகிறது.

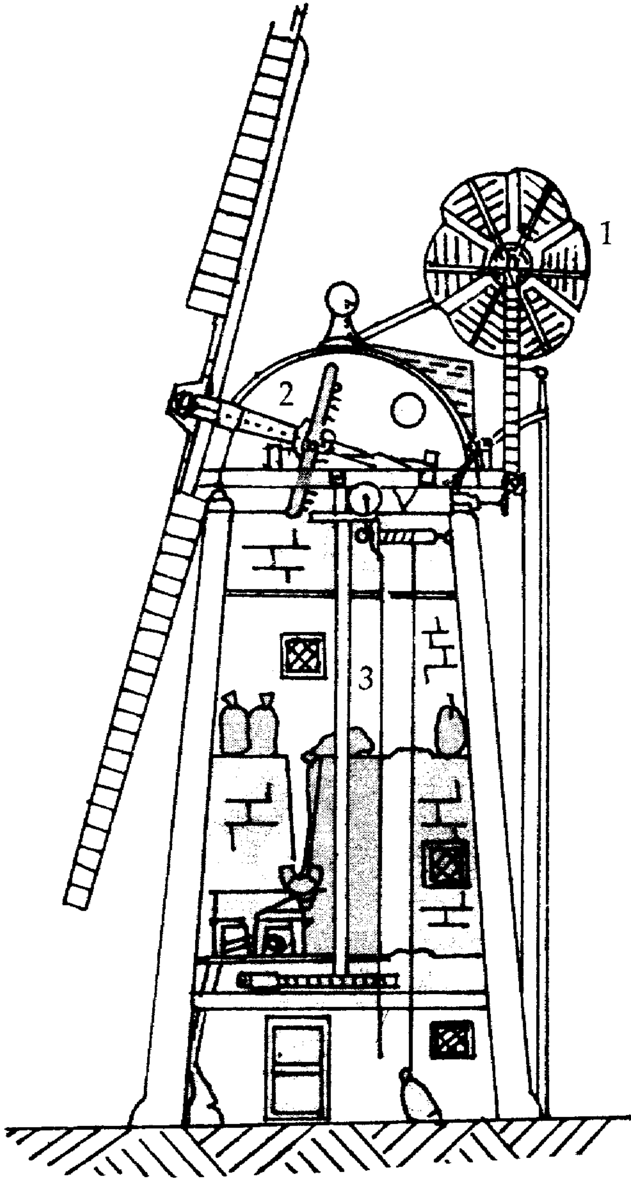
இதுபோன்ற கம்ப ஆலை ஐரோப்பாவில் பிரசித்தி பெற்றதாக இருந்தாலும், பெரிய சூறாவளிக்காலங்களில் தாக்குப்பிடிக்க முடியாமல் எளிதில் உடைந்து போகக் கூடிய அமைப்பைக் கொண்டிருந்தது. மேலும் சரியான பராமரிப்பில்லாமை அல்லது பழுது ஏற்படும் நேரங்களில், மறுபடியும் சரி செய்ய இயலாத சேதங்களை அடைகிறது. அடிப்பகுதியில் இருக்கும் கம்புகளையும் கால்கம்புகளையும் சுற்றி நிலையான அடிப்பகுதி அமைப்பின் மேல் உருளை வடிவ வீடு போன்ற செங்கற்களால் ஆன க்கட்டிடத்தை எழுப்புவதன் மூலம் பழுதுகள் ஏற்படும் அபாயத்தை தவிர்க்கலாம். ஆலையே கம்பத்தை சுற்றி இருக்க, உருளை கட்டிடமானது, ஒரு நிலையான இருப்பிடத்தைப்போல் அமைகிறது. இன்று எஞ்சி இருக்கும் ஒரு சில கம்ப ஆலைகள், ஓரளவு பொருட்செலவில், மிகவும் அதிக கவனத்துடன் காப்பாற்றப்பட்டு வருகின்றன. ஆனால் இன்னமும், தெற்கு மற்றும் கிழக்கு இங்கிலாந்தில் ஒருசில காற்றாலைக் கோபுரங்கள், தேவையான இயந்திரங்கள் ஏதும் இல்லாததால் குடியிருப்புகளாக மாறிவிட்டன.

கோபுர ஆலையானது (படம் 4) பதினான்காம் நூற்றாண்டில் ஃபிரான்ஸில் உருவாக்கப்பட்டது. அதன் ஆலைக்கற்களும், கியர்களும் ஒரு நிலையான செங்கற்களால் ஆன கோபுரத்தில் இருக்க, கோபுரம் நகரும் கூரையுடன் இருந்தது. 'தொப்பி' அல்லது 'மேற்பகுதி' என்றழைக்கப்படும் அந்தக் கூரை, பாய் விசிறிகளைத் தாங்கியவாறு, கடிவாளம் போன்றதொரு பட்டையால் கோபுரத்தின் உச்சியில் சுழலக்கூடியது. அந்த 'தொப்பி' அல்லது 'மேற்பகுதி' காற்றை எதிர்கொள்வதற்கு ஏற்றவாறு திருப்பப்பட்டது. இந்த வகை ஆலை சிறிய மாறுதல்களுக்கு உள்ளாகி, இங்கிலாந்தில் 'ஸ்மாக் ஆலை' என்ற பெயரில் பிரசித்தி பெற்றது. இவை எட்டு-முக மர கோபுரங்களைக் கொண்டவை (படம் 6). 1420 வாக்கில் அச்சிடப்பட்ட ஃபிரஞ்சு ஸால்டரில் உள்ள கோபுர

ஆலையைப் பற்றிய விளக்கக் குறிப்புதான், நமக்கு கிடைக்கப் பெறும் கோபுர ஆலை பற்றிய முதல் குறிப்பு ஆகும். ஐரோப்பா முழுவதிலும் இந்த இரண்டு வகைக் காற்றாலைகளும் உபயோகத்தில் இருந்தன. இவற்றில் சில இன்னமும் நன்கு பாது காக்கப்பட்ட நிலையில் உள்ளன. இங்கிலாந்து, ஃபிரான்ஸ் மற்றும் டச்சு நாட்டிலிருந்து அமெரிக்கா மற்றும் ஐரோப்பிய காலனி தேசங்களில் குடியேறியவர்கள் இதைப் பற்றிய கருத்துக்களையும்



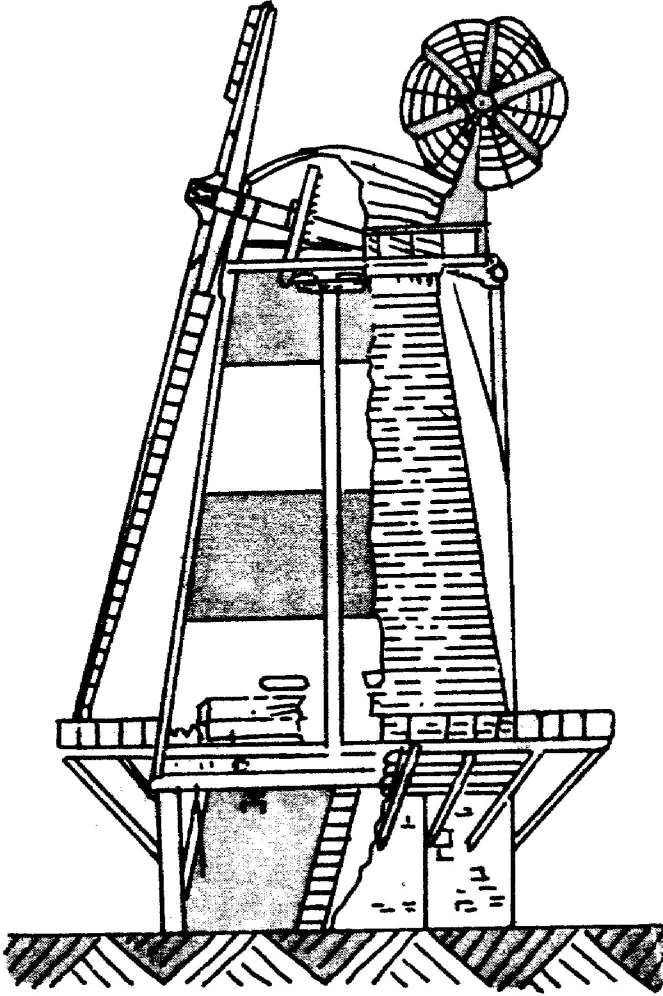
படம் 4. சுழலும் உச்சியுடைய கோபுர ஆலை. சக்கரங்களின் மேல் ஓடுகிறது. விசிறி வால் அமைப்பு மூலம் காற்றை எதிர்கொள்கிறது.



படம் 5. கோபுர ஆலையின் உட்பகுதி. 1. விசிறிவால், 2. தொப்பி 3. நெடுச்கு நீள் உருளை.

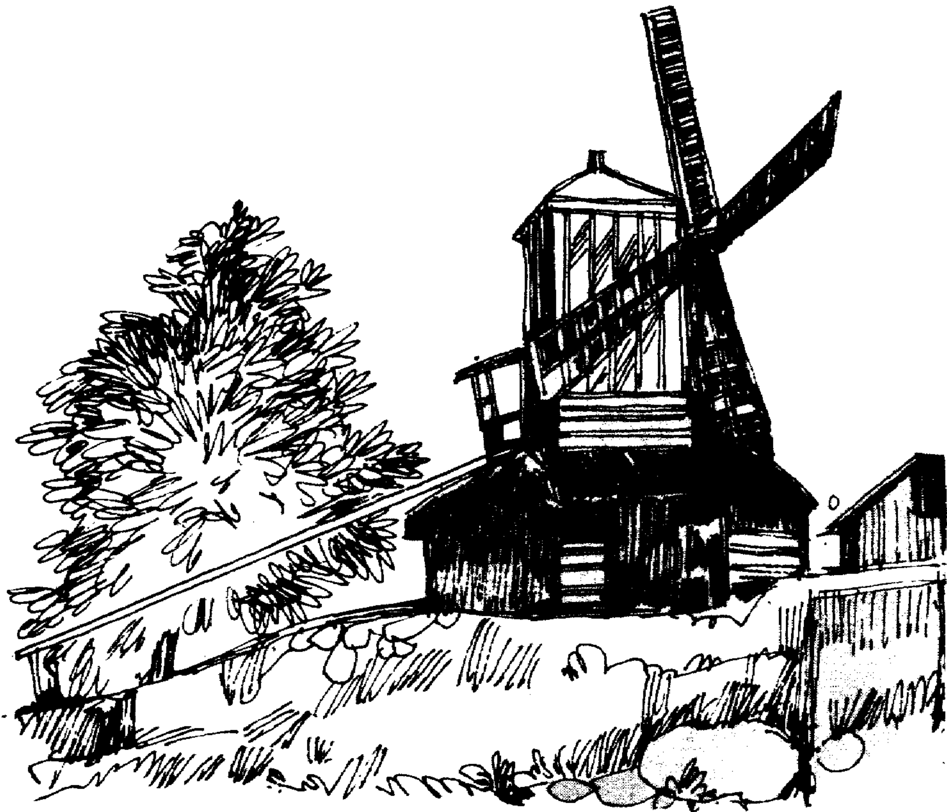
தொழில்நுட்ப அறிவினையும் அங்கு பரப்பினார்கள்.

பதினைந்தாம் நூற்றாண்டின் ஆரம்ப காலகட்டத்தில், டச்சு நாட்டவர் காற்றாலைகளை மறுவடிவமைப்பதில் பெரும் முன்னேற்றம் அடைந்தனர். மேன்மேலும் புதுமையான நவீனமான, மற்றும் உட்பக்கம் வெற்றிடமான கம்ப ஆலைகளை, (படம் 7)



படம் 6. இங்கிலாந்தில் ஸ்மாக் ஆலை, கட்டுப்பாட்டு அமைப்புகளுடன்.

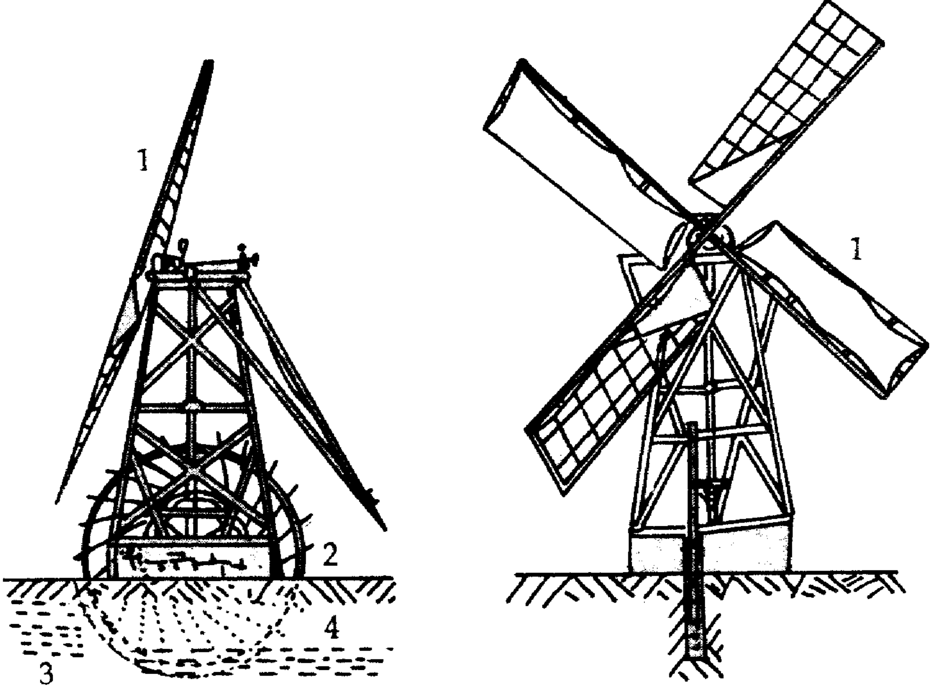
ஏரி மற்றும் குட்டைகளிலுள்ள நீரினை வடிகட்டும் வேலைக்காக உண்டாக்கினர். ஒரு நேர்நீள்உருளை இரண்டு கியர்களுடன் (மேலேயும் கீழேயும்), உட்பக்கம் வெற்றிடமான கம்பத்தினுள் செலுத்தப்பட்டவாறு, தள்ளும் சக்கரம் கப்பலின் துடுப்புச் சக்கரம் போன்று (நீரினை கீழிருந்து மேலே தள்ளுவது போல) உந்தும். இந்தத் தள்ளும் சக்கரங்கள் கிழக்கு என்ஜிலாவில் நிலத்தடி நீரை வடிகட்டுவதற்காக ஏராளமாகப் பயன்படுத்தப்பட்டன. நார் ஃபோக் எனுமிடத்தில் 19 மற்றும் 20ஆம் நூற்றாண்டின் ஆரம்பக் கட்டத்தில் எராளமான காற்றாலைகள் காணப்பட்டன. தள்ளும் சக்கரத்தினால் தண்ணீரை 1 முதல் 1.5 மீ வரை ஏற்ற முடியும்.



படம் 7. ஃபின்லாந்தில் பாய்மரம் ஏற்றப்பட்ட வெற்றிட கமப ஆலை.

ஹாலந்தில் இதுபோன்ற பல சக்கரங்கள் தொடர்ச்சியாக அமைக்கப்பட, மேலும் அதிக தூரத்திற்கு நீரை ஏற்ற முடிந்தது. இந்தக் காற்றாலைக்கு இரண்டு-அடி கியர் உந்து அமைப்பு உண்டு (படம் 8). ஆர்கிமிடிஸ் ஸ்க்ரூவினை (கம்பிச் சுருளை) மதி நுட்பத்துடன் பயன்படுத்தியதால் தானியங்களை அரைப்பதற்கு மட்டுமல்லாமல் ஏனைய பல துறைகளிலும் காற்றாலைகளைப் பயன்படுத்த முடிந்தது. இந்த ஆலைகள் இங்கிலாந்தின் உப்பளங்களில் நீர் இறைப்பதற்காகவும், ஃபின்லாந்தில் சோளம் அரைப்பதற்காகவும் பயன்பட்டன. 1952இல் 'கார்னெலிஸ் கார்னெலிச்' என்பவர் நெதர்லாந்து நாட்டில் காற்றால் உந்தப் படும் முதல் மரம் அறுக்கும் ஆலையை நிறுவினார். சுழலுவதற்கு ஏற்றவாறு பலகைகள் மீது அது ஏற்றப்பட்டு இருந்தது.

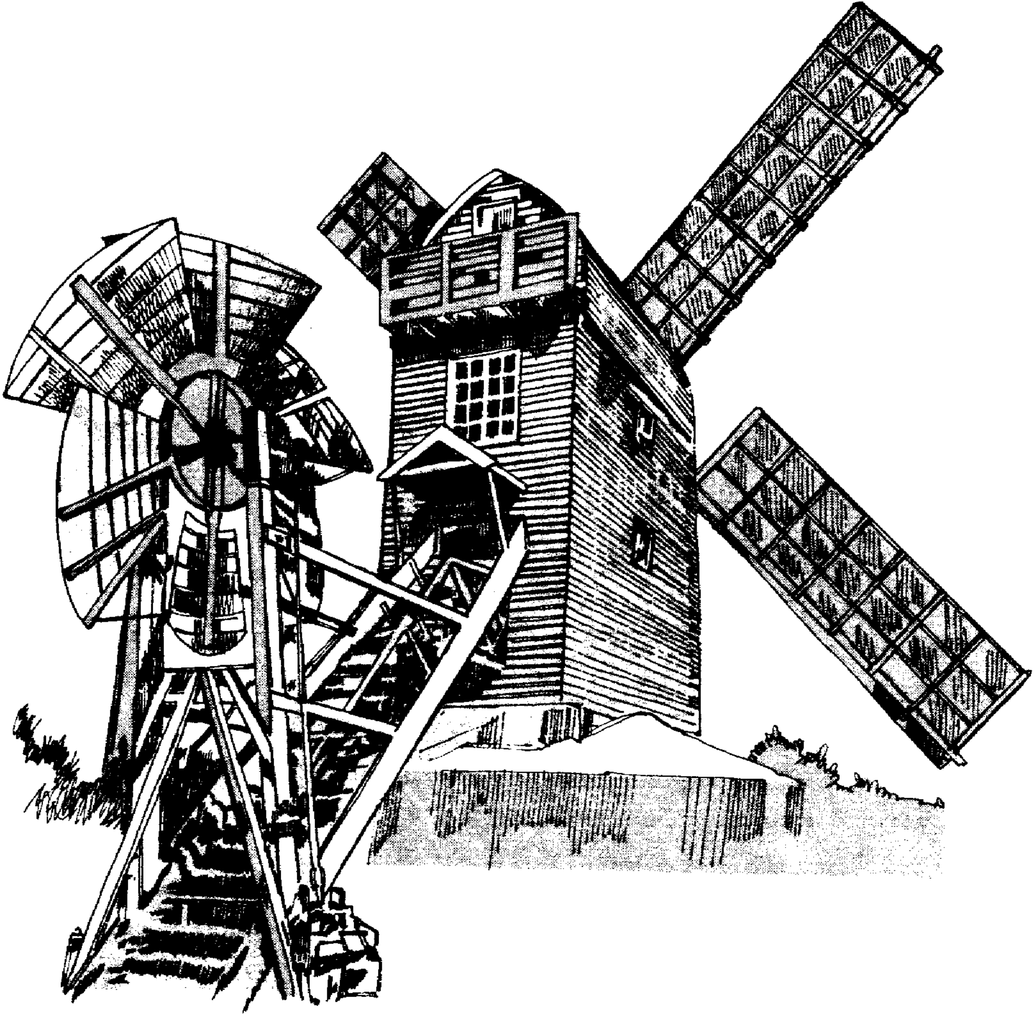
பதினேழாம் நூற்றாண்டு வரை, ஆலையின் இயந்திரங்களை கையாலோ அல்லது தொடரிணைப்பு அல்லது வின்ச் போன்ற



படம் 8. மார்ஷ் ஆலையின் பக்க மற்றும முன்புறத் தோற்றம். 1. பாய்கள், 2. தள்ளும் சக்கரம், 3. வடிகால் மற்றும், 4. ஆறு.

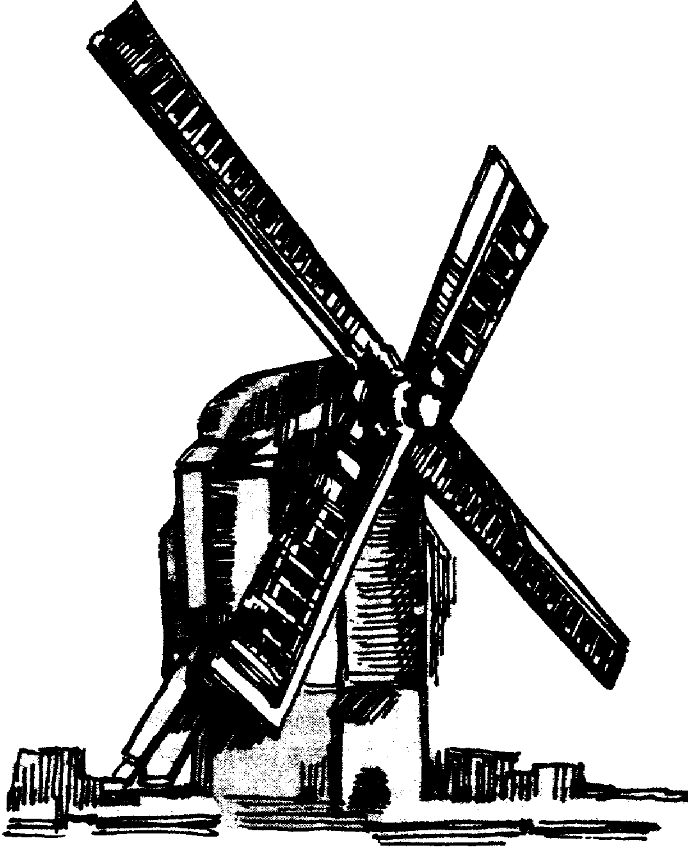
கருவிகளாலோ திருப்பி, காற்றை எதிர்கொள்ள வேண்டி இருந்தது. இந்த முறை அதிக நேரம் பிடிப்பதாகவும், கடினமாகவும் இருந்தது. 1745இல் இங்கிலாந்தைச் சேர்ந்த 'எட்மண்ட் லீ' என்பவர் இந்த சிக்கலில் இருந்து மீள ஒரு வழி கண்டுபிடித்தார். அவர் விசிறிவால் எனப்பட்ட ஒன்றில் ஒரு வளையத்தில் ஐந்து முதல் எட்டு தகடுகள் வரை கொண்டதாக உருவாக்கினார். இந்தத் தகடுகள் கம்ப ஆலையின் முனைக் கம்பத்தில் பாய்களுக்கு செங்குத்தான கோணத்தில் இருந்தன. இவை கியர் அமைப்பு மூலமாக ஆலையைச் சுற்றி செல்லும் பாதையில் ஓடும் சக்கரங்களுடன் இணைக்கப்பட்டு இருக்கும். காற்று வீசும்போது, அது தகடுகளின் மேல் பக்கவாட்டில் மோதி, அவற்றை சுழலச் செய்கிறது. இதனால் பாதையில் இருக்கும் சக்கரங்கள் ஆலையின் உடலை, பாய்கள் காற்றுக்கு எதிரே, சதுர வடிவில் வரும்வரை, நகர்த்தும் (படம் 9). செங்குத்துக் கோணமானது, பாய்கள் காற்றினை சதுர வடிவில் எதிர் கொள்வதை உறுதி செய்கிறது.

விசிறி வால் அமைப்பின் கண்டுபிடிப்பால், காற்று ஆற்றலை அதிகமாகப் பயன்படுத்திக் கொள்ளவும், தொழிலாளர்



படம் 9. 'ஸஃபோக்'-இல் உள்ள கம்ப ஆலை. விசிறிவால் அமைப்பு, நெடுக்கு இரும்பு நீள்உருளையினை உந்த, அந்த நீள் உருளை வட்டப் பாதையில் ஓடும் இரண்டு சிறிய வண்டிச் சக்கரங்களுடன் கியர் அமைப்பினால் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. பக்கக்காற்று விசிறிவாலினை திருப்ப, அதனால் சக்கரங்கள் திரும்பி, ஆலை காற்றை எதிர்கொள்கிறது.

செலவுகளை மிச்சப்படுத்தவும் முடியும். காற்றாலைகளின் பயன்பாடுகள் மேன்மேலும் பரவியதாலும், அவற்றின் பயன்கள் மிகவும் குறைந்த செலவிலேயே கிடைத்ததாலும், காற்றாலைகளின் செயல்திறனை அதிகரிக்கும் முயற்சிகளும் அதிகரித்தன. இந்த முயற்சிகள் அமைப்புரீதியான ஆய்வுகள் என்று இருக்கவில்லை என்றாலும், பராமரிப்பு செலவுகளை குறைக்கவும், செயல்திறன், நீடித்த உழைப்பு, பயன்பாடு ஆகியவற்றை அதிகரித்திடவும் தனிப்



படம் 10. ஃபிரான்ஸில், 'பாஸ்-டீ-கலாயிஸ்' எனும் இடத்தில், நான்கு 'பொதுப்பாய்கள்' கொண்ட கம்ப ஆலை தயார் நிலையில்.

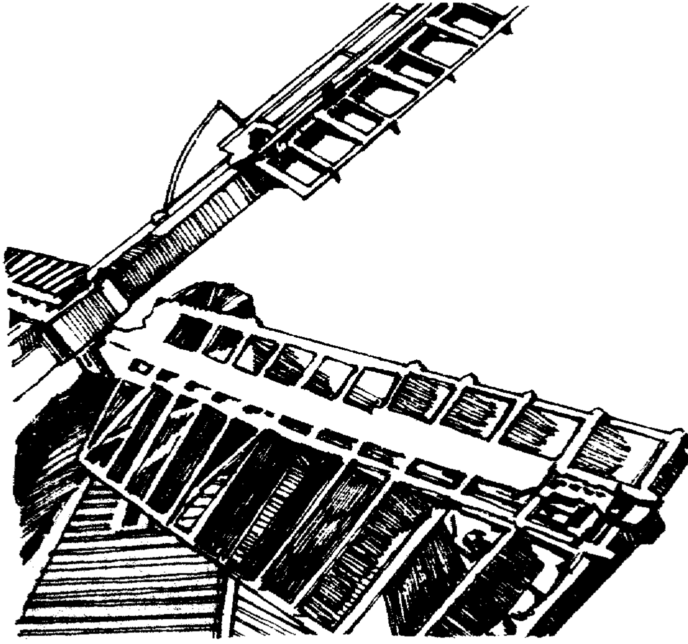
பட்ட முறையில் பல சோதனைகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன.

ஒரு ஆலையின் பாய்கள் அதற்கென இருக்கும் அச்சு அல்லது காற்று நீள் உருளையில் ஏற்றப்பட்டிருக்கும். இவை ஒரு முக்கியப் பங்கு வகிக்கின்றன. பாய்மரங்களில் பாய்த்துணிகள் மரச் சட்டங்களில் கட்டப்பட்டிருக்கும். ஆலை வேலை செய்யத் தேவைப்படும்போது, பாய்மரக்கப்பலில் மாலுமி துணிப்பாய்களை அதன் சட்டங்களில் ஏற்றுவதுபோல இங்கு ஆலையினை நடத்துபவர் பாயை ஏற்றுவார். இந்தச் செயல் சோர்வு தருவதாக, நிறைய நேரம் எடுத்துக்கொள்வதாக இருந்தது. ஏனெனில் ஒருவர் தம் கைகளால் ஒவ்வொரு சுழற்சிக்கும் முனை கீழே வரும்வரை நகர்த்தி, பின் அதன்மேல் தான் ஏறிக்கொண்டு பாய்த் துணியை விரிக்க வேண்டும் (படம் 10). சிலசமயம் சுழற்றி எடுக்கக்கூடிய மரப்பலகைகள், மரச்சட்டங்கள் மீது இவை இணைக்கப் பட்டிருந்தன. போர்ச்சுகல், மத்தியத்தரைக்கடல் தீவுகள் மற்றும்

துருக்கி போன்ற நாடுகளில் 'ஜிப் பாய்கள்' எனப்படும் சிறிய முன்பகுதிப் பாய்கள் உபயோகத்தில் இருந்தன. சில சமயம் சுழல் விசிறிகள் போன்ற நிலையான மரத்தகடுகளும்கூட உபயோகிக் கப்பட்டன.

17ஆம் நூற்றாண்டின் தொடக்கம் வரை, தகடுகள் அறிவியல் பூர்வமாக வடிவமைக்கப்படவில்லை. அவற்றின் நீளம், அகலம் மற்றும் கோணம் ஒரே நிலையாக அல்லது வடிவமைப்பாளரின் சுயமுடிவுப்படியே நிர்ணயிக்கப்பட்டன. 1759இல் ஜான் ஸ்மேடன் என்ற ஆங்கிலேயே பொறியியல் வல்லுநர் காற்றாலைப் பாய்களை அறிவியல் பூர்வமாக படித்து அவற்றை மறுவடிவமைத்தார். ஒரு காற்றாலைக்கு நான்கு பாய்கள் என்ற வழக்கத்தை மாற்றி, ஐந்து, ஆறு அல்லது எட்டு பாய்கள் கொண்டவாறு வடிவமைத்தார். ஸ்மேட்டன்தான் முதல் முதலில் வார்ப்பு இரும்பினை காற்று இயந்திரங்களில் பயன்படுத்தியவர்.

முன்பே சொல்லப்பட்டதுபோல், காற்றாலைகளைப் பற்றிய ஆராய்ச்சிகள் தனித்தனியே நடந்துகொண்டிருந்தன. 1772இல் ஸ்காட்லந்தைச் சேர்ந்த ஆண்ட்ரூ மைக்லி என்பவர் ஸ்பிரிங் பாய் ஒன்றை வடிவமைத்தார். பாய்மரத்தில் மூடிகள் பொருத்தப் பட்டு, ஒவ்வொரு பாயிலும் இருந்த ஸ்பிரிங் அவற்றை கட்டுப் படுத்தின. பாய்களில் துணிகளுக்குப் பதிலாக தொடர்ச்சியான இணைப்புகள் நிறுவப்பட்டு இருந்தன. இவை ஒரே தொடர்பினால் இணைக்கப்பட்டு, ஒரு இடத்தில் குழுவாக ஒரு கை கியர் மற்றும் ஒரு சக்தி வாய்ந்த ஸ்பிரிங்கினால் வைக்கப்பட்டிருந்த வெனெடியன் ப்ளைண்ட்களின் இணைப்புகளைப்போல் இல்லா திருந்தன. திடீரென காற்றின் வேகம் அதிகரித்தால், துளைகள் திறந்து கொண்டு காற்றுக்கு வழிவிட, இதனால் வேகம் ஒரே சீராக இருப்பதுடன், பழுது ஏற்படும் அபாயமும் குறைக்கப் படுகிறது. (படம் 11). ஆகவே, பாய்கள் ஓரளவிற்கு சுயமாக வேகத்தை கட்டுப்படுத்திக் கொள்ளக்கூடியவை. ஆனால், இதிலுள்ள குறைபாடு என்னவென்றால், ஒவ்வொரு ஸ்பிரிங்கும், ஆலை வேலை செய்யாமல் இருக்கும்போது தனித்தனி தேவைக் கேற்ப இழுக்கப்படவேண்டும். 1789இல் இங்கிலாந்தில் ஸ்டிபன் ஹூப்பர், மூடிகளுக்குப் பதிலாக மிகவும் முன்னேறிய உருளைகளைப் பயன்படுத்தி அதனுடன் ஒரு இயந்திர ரிமோட் கன்ட்ரோலையும் (தொலைவிலிருந்து கட்டுப்படுத்தும் அமைப்பும்) சேர்த்துக் கொண்டார். இந்த வகை செயல்பாடு, குடையினை மூடித் திறக்கும் செயல்பாட்டைப் போன்றதாகும். நடுப்பகுதியில் இருக்கும் காற்று நீள் உருளையில் செல்லும் ஒரு கம்பி, நிலத்திலிருந்து ஒரு சங்கிலி மூலமாக மனித உதவியுடன் செயல்



படம் 11. கென்டில் 'சேண்ட்விச்' எனுமிடத்தில் ஸ்பிரிங் பாய்களின் அமைப்பு. திடீரென காற்று அதிகமாக வீசினால், ஸ்பிரிங்குகளின் அழுத்தத்தால் கதவு கள் திறந்துகொண்டு, காற்று வெளியேறிவிடும்.

படுத்தப்படுகிறது. அதே சமயம் அனைத்து சுழல்களும் காற்றாலையின் செயல்பாட்டிற்கு தடை ஏதும் ஏற்படுத்தாதவாறு கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றன. 1807இல் சர் வில்லியம் கியூபிட் என்பவர் ஒரு பாய் மரத்தினை வடிவமைத்தார். அவருடைய பேடன்ட் உரிமை உடைய அந்த வடிவமைப்புத்தான் அடுத்த பெரிய முன்னேற்றமாகும். இந்த வகையில் தானாகவே கட்டுப் படுத்திக்கொள்ளும் பாய், 'மைக்லி' வடிவமைத்த மூடி அமைப் பினையும் ஹூப்பருடைய ரிமோட் கண்ட்ரோல் அமைப் பினையும் கலந்து உருவாக்கப்பட்டது (படம் 12). இந்த வகை பேடன்ட் உரிமை கொண்ட பாய், இங்கிலாந்து முழுவதிலும், மற்றும் வடமேற்கு ஐரோப்பாவிலும் பின்பற்றப்பட்டது. ஆனால் உலகில் வேறு எங்குமில்லை.

அதே சமயம் நவம்பர் 12, 1838இல் கனடா நாட்டின் எல்லைக்கு அருகே அமெரிக்காவைச் சேர்ந்த 'ஹன்டர் லாட்ஜஸ்' நடத்திய சோதனைகளின்போது நடந்த 'காற்றாலைப் போர்' மிகவும் பிரசித்தி பெற்றது. 'ஹன்டர் லாட்ஜஸ்' என்பது அமெரிக்காவைச் சேர்ந்த ஒரு இரகசிய இயக்கம். அதன் நோக்கம்

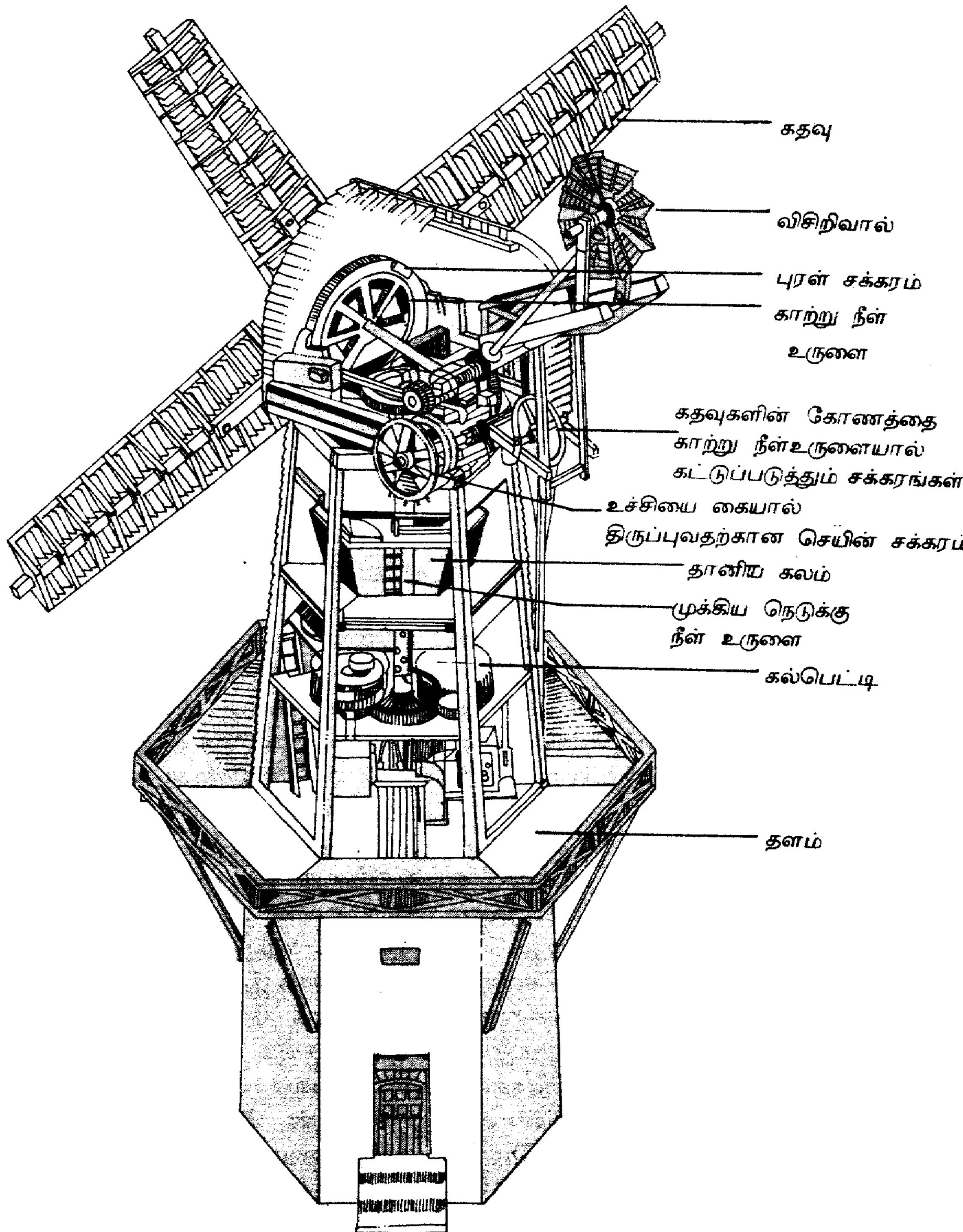


படம் 12. பேடன்ட் பாய்கள் மற்றும் விசிறிவால் அமைப்புகளுடன் ஸஃபோக்கில் ஒரு கோபுர ஆலை.

கனடாவை (அப்போது சிறு சிறு காலனிகளாக பிரிந்து கிடந்தது) ஆங்கிலேய ஆதிக்கத்திலிருந்து விடுவிப்பதே. கலோனல் 'நில்ஸ் வோன் ஸ்கௌல்ட்ஸ்' என்ற ஃபின்லாந்து நாட்டவர், 'சார்லோட்' என்ற ஸ்கூனரில் (ஒன்றுக்கும் மேற்பட்ட பாய்மரங்களைக் கொண்ட கப்பல்) சென்று, ஆறு மாடிகளைக் கொண்ட, கற்களால் ஆன ஒரு காற்றாலையை கையகப்படுத்திக் கொண்டார். 'எக்ஸ்பரிமென்ட்' எனப்பட்ட சிறிய கப்பல் அமெரிக்காவிலிருந்து கௌல்ட்ஸை துண்டிக்க, அதே சமயம் கிங்ஸ்டனிலிருந்து நீராவிக் கப்பல் ஒன்று எழுபது கப்பற்படை வீரர்களுடனும், பக்கத்து நாடுகளில் இருந்து திரட்டப்பட்ட 700 வீரர்களுடனும் வந்து சேர்ந்தது. இந்தப் படைகள் வெளிப் பிரதேசங்களில் இருந்த ஹன்டரைத் துரத்தி விட்டாலும், காற்றாலையைப் பிடித்து தக்கவைத்துக் கொள்ள இயலவில்லை. இரண்டு நாட்கள் தொடர்ந்த சண்டைக்குப் பின்பு 'கலோனல் ஹென்றி டன்டாஸ்' என்பவர் 83வது ரெஜிமென்ட்டின் நான்கு பிரிவுகளுடனும், பதினெட்டு பவுண்ட் எடை குண்டுகளை சுடக்கூடிய இரண்டு துப்பாக்கிகள் மற்றும், மேல்நோக்கி நீண்ட, வளைவான குண்டை சுடக்கூடிய பீரங்கி ஒன்றுடனும் வந்து சேர்ந்தார். நவம்பர் 16ஆம் நாள் அனைத்து எதிர்ப்புகளும் உடைந்தன. ஸ்கௌல்ட்ஸையும் சேர்ந்து ஏறத்தாழ 137 முற்றுகையாளர்கள் சிறைப்பிடிக்கப்பட்டனர். ஹன்டர் தரப்பில் இழப்பு 80 நபர்கள். பிரிட்டிஷ் மற்றும் கனடா தரப்பிலோ, 16 நபர்கள் இறந்தது தவிர, 60 நபர்களே காயமடைந்தனர்.

காற்று இயந்திரங்களால் கிடைக்கும் ஆற்றல் பல்வேறு பயன்களுக்கு உதவுவதால், அவை பிரசித்தி பெற்று விளங்கின. செயல்திறன் மற்றும் பல்வேறு துறைகளில் சிறப்பாகச் செயல்படும் திறமை ஆகியவற்றை அதிகரிக்க வேண்டுமானால், காற்று இயந்திரத்தின் சுழற்சியினை சோதிக்கவும் கட்டுப்படுத்தவும் கூடிய அமைப்பு ஒன்றினை உருவாக்க வேண்டியிருந்தது. 1787இல் இங்கிலாந்தில் 'தாமஸ் மீட்' என்பவர்தான் முதன்முதலில் மைய விலக்கு விசை கட்டுப்பாடு கொண்ட ஃபீட்பேக் அமைப்பினை பயன்படுத்தினார். அந்த அமைப்பு ஆலைக்கற்களுக்கு இடையே ஒரு நிர்ணயிக்கப்பட்ட இடைவெளியை பராமரித்து வருவதோடு மட்டுமல்லாமல், ஆலையில் அரைக்கப்படும் பொருள் எந்த அளவு பொடியாக அரைக்கப்பட வேண்டும் என்பதையும் கட்டுப்படுத்துகிறது. விசிறி-வால், பேடன்ட் உரிமை பெற்ற பாய்கள், கவர்னர், காற்று சக்தியில் இயங்கும் சாக்கு-தூக்கி போன்ற அம்சங்கள் அடங்கிய ஆலையை, முதல் தானியங்கித் தொழிற்சாலை என சொல்லலாம் (படம் 13). 1854இல் 'டேனியல் ஹேலிடே' என்பவர், அமெரிக்காவில் காற்று சக்தியால் இயங்கும் நீரேற்றும் கருவியை அறிமுகப்படுத்தினார். 1860இல் 'ஆர். கேட்ச்போல்' இங்கிலாந்தில் பேடன்ட் உரிமை பெற்ற பாய்களை காற்று ப்ரேக்குகளைக் கொண்டு மறுவடிவமைத்தார். இந்தக் கண்டுபிடிப்பு மேலும் பற்பல கருத்துக்கள் உருவாக வழி வகுத்ததால், இதன் வடிவமைப்பு மாபெரும் வெற்றியாகக் கருதப் பட்டது. 1883இல் 'ஸ்டெவர்ட் பெரி' என்பவர் காற்று-நீரகற்றும் கருவியை மறுவடிவமைத்தார். அதனை இரும்பினால் உருவாக்கினார். அதன் வடிவ்மைப்பு மிகமிக எளிமையாக இருந்தது. ஒரு சக்கரத்தில் சிறிய வடிவத்தில் நிறைய தகடுகள் விட்டப்பாதையில் அமைந்திருக்கும். இந்த வகை அமைப்பை மற்றவற்றுடன் ஒப்பிடும்போது செயல் திறனில் சிறிது குறைகள் இருந்தாலும், இதற்கு ஆகும் செலவு மிகக் குறைவாக இருந்ததுடன், நிறைய நம்பகத்தன்மை கொண்டது. தானாக வேகத்தினை கட்டுப்படுத்திக்கொள்ளக்கூடியது. ஒரு வால்-தகடு சக்கரத்தை காற்றுக்கு எதிராக வைத்திருக்கையில், ஆலைச் சக்கரமோ, காற்றடிக்கும் திசை மாறினால், ஆலை தன் நேரச்சினில் திருப்பப்பட்டு, அதனால் மொத்த பரப்பளவு அதிகமாகி, வேகத்தை நிலையாக வைத்திருக்கிறது (படம் 14).

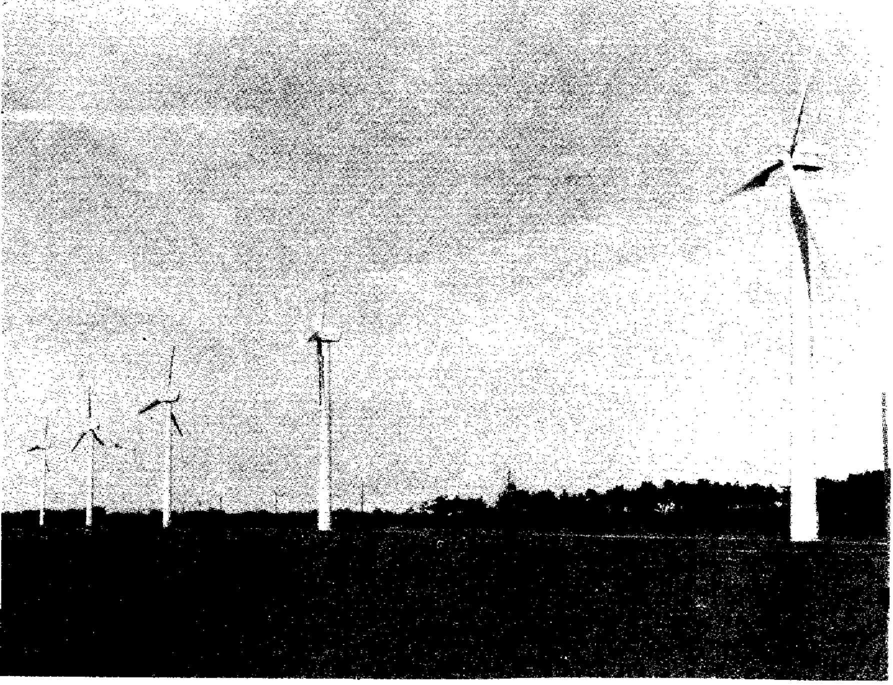
இந்த மாற்றங்கள் காற்று இயந்திரங்களின் உபயோகத்தையும், செயல் திறனையும் அதிகரிக்கச் செய்தன. காற்றாலைகள், தானியங்களை அரைத்தல், ஏரி மற்றும் குட்டைகளிலிருந்து நீரை வெளியேற்றுதல், நீர்ப்பாசனம் போன்ற வேலைகளுக்கும், தொழிற்



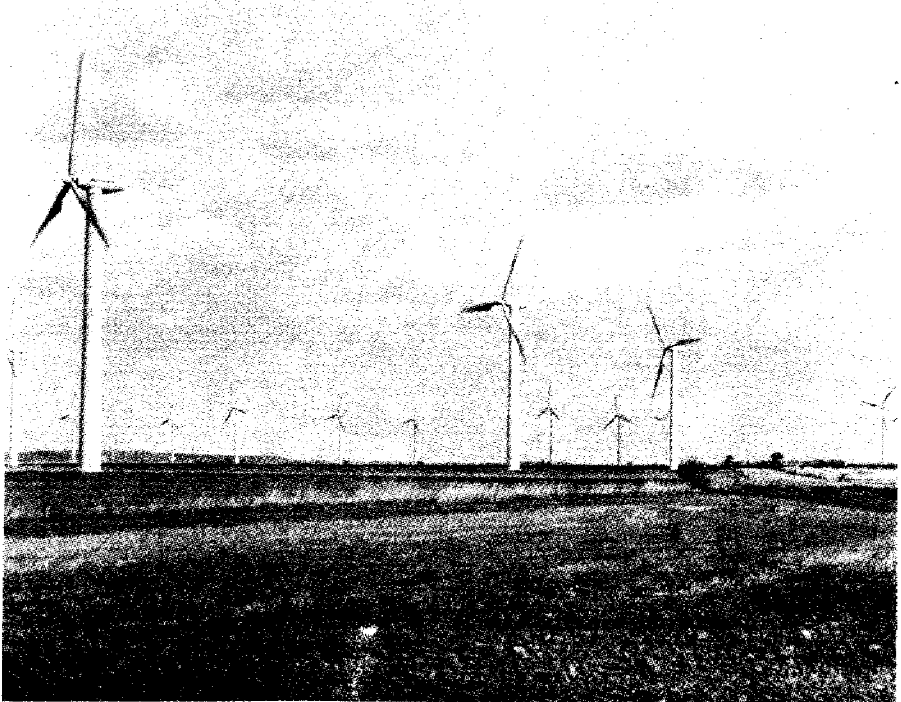
படம் 13. காற்று ஆலையின் அமைப்பு, ஒருசில முக்கிய பாகங்களுடன் காட்டப்பட்டுள்ளது.



அ. காற்று ஆற்றல் அமைபபுகளுக்கு அதிக இடம் தேவையில்லை. அவை விவசாய நிலங்களில் எழுப்பப்படலாம்.



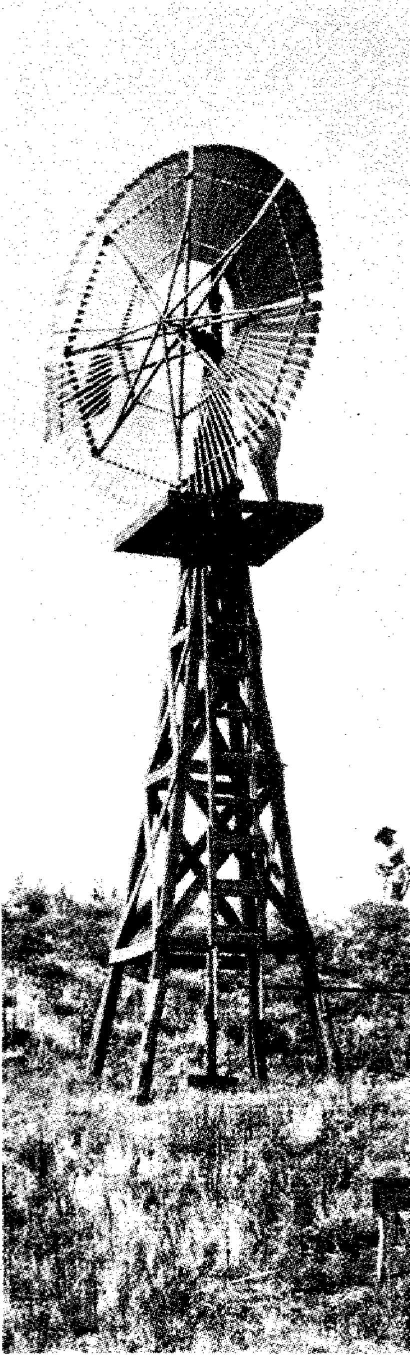
ஆ. காற்று வேகத்திற்கும், காற்று ஆற்றலுக்கும் தொடர்பு இருக்கிறது என்பதால், சிறந்த காற்றோட்டம் உள்ள இடங்களில் டர்பைன்கள் அமைக்கப்படவேண்டும்.

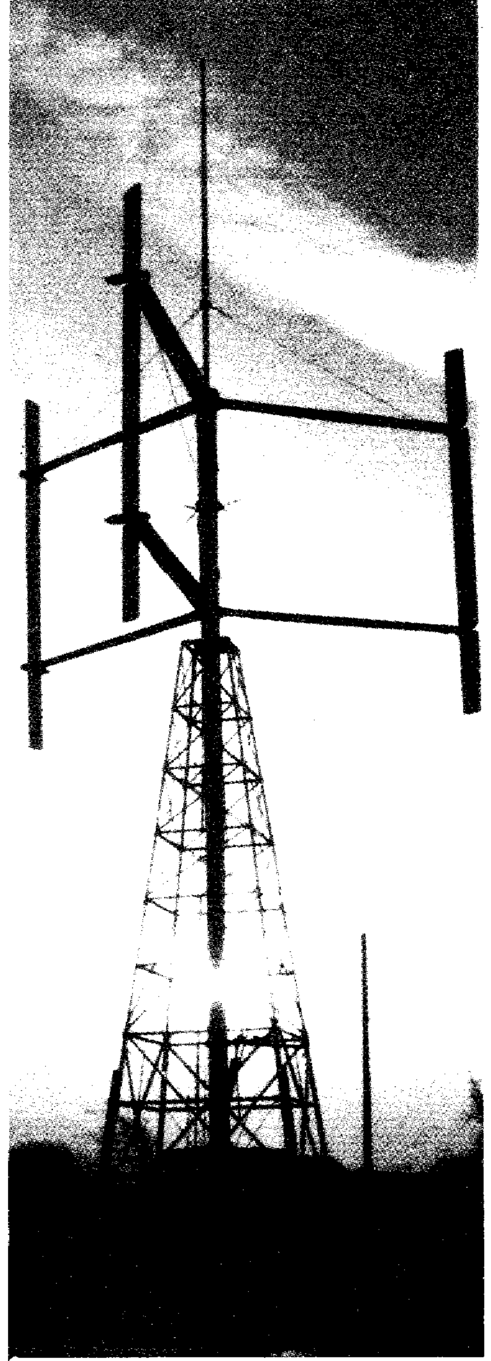


இ. டென்மார்க்கின் மொத்த ஆற்றல் தேவையில் 1.5 சதவிகிதம் காற்று ஆற்றலிலிருந்து கிடைக்கிறது. அங்கு 3,200 காற்று டர்பைன்கள் உள்ளன.



ஈ. டென்மார்க்கில் 'ஈபில்டாஃப்ட்' எனுமிடத்தில் ஜூன் 1985ஆம் ஆண்டு தொடங்கப்பட்ட, உலகின் முதல் கடற்கரைக் காற்றாலைப் பண்ணை. இதில், 55 கிலோவாட் மற்றும் ஒரு 100 கிலோவாட் 'நோர்ட்டேன்க்' வகை காற்று டர்பைன்கள் பதினாறு உள்ளன.

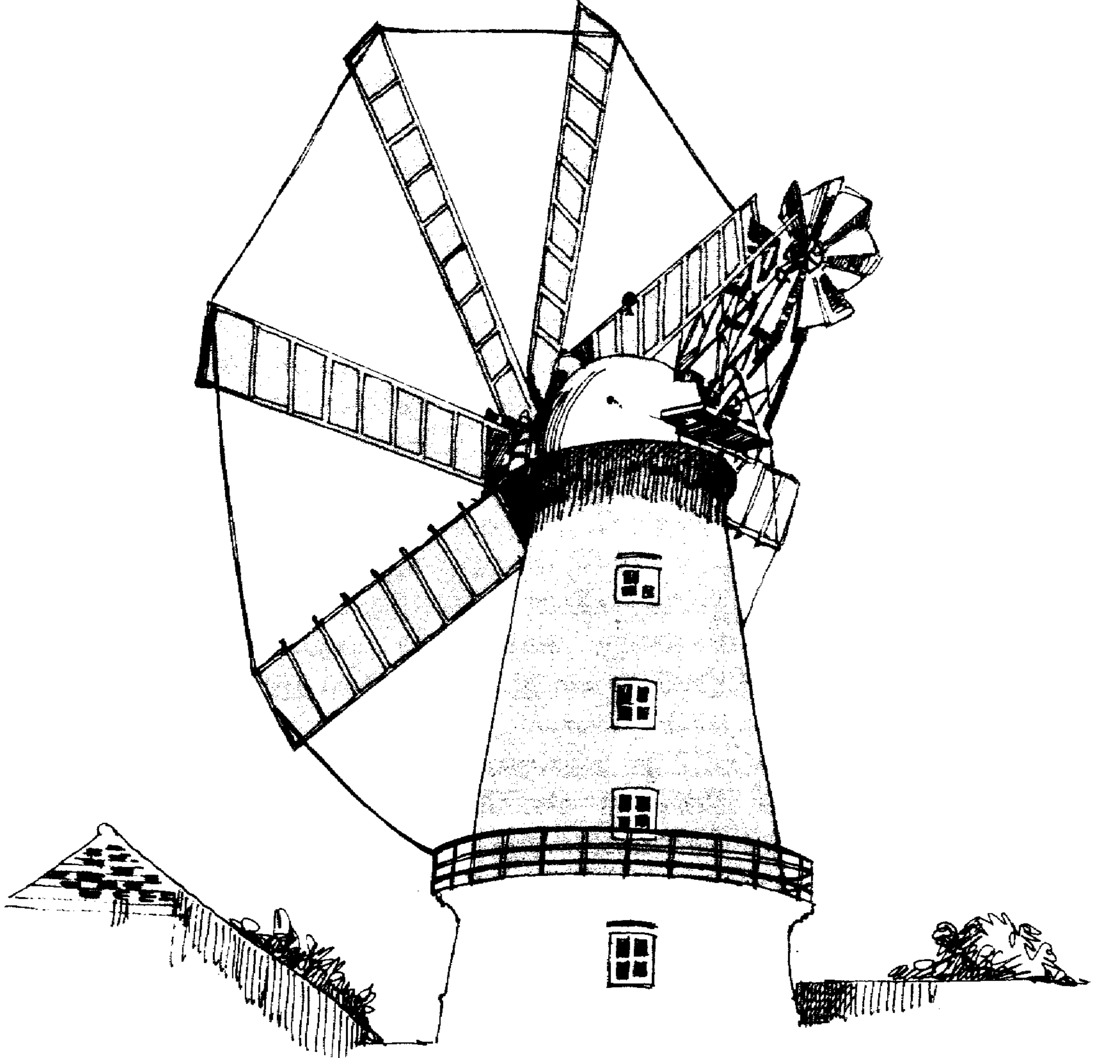




உ. முன்னோர்களின் அமைப்பு மற்றும் வாழ்க்கை முறை ஆகியவற்றை பாதுகாத்து வரும் (லுப்போக் எனுமிடத்தில் உள்ள டெக்சாஸ் தொழில் நுட்ப பல்கலைக்கழகத்தின்) திறந்தவெளி அருங்காட்சியகத்தில் காற்றாலை அதன் பெருமையை பறைசாற்றுகின்றது.

ஊ. ஜிரோமில் எனும் புதிய கருத்து, 'கொலராடோ'வில் உள்ள ஆற்றல் துறை ஆராய்ச்சி மையத்தில் சோதனைக்காக உருவாக்கப்பட்டது. 38 மீட்டர் உயரமும், 13 மீட்டர் நீள தகடுகளையும் கொண்டது. 15 வீடு களுக்கான மின்சாரத்தை உற்பத்தி செய்ய அல்லது நீர்பாசனத்திற்காக நேரடியாக ஆழ்கிணறு பம்புகளை இயக்குவதற்காக பயன்படுத்தலாம்.

சாலைத் தொழில்களான மரம் அறுத்தல், எண்ணெய் வித்துகளில் இருந்து எண்ணெய் எடுத்தல், சிறிய மரக்கற்களை செய்தல், கற்களை பளபளப்பாக்குதல், காகிதம், மூக்குப்பொடி, வாசனை தரும் உணவுப் பொருட்கள் போன்று பல பொருட்களைத் தயாரிக்கவும் பயன்படுத்தப்பட்டன. மேற்கிந்தியத் தீவுகளில் கரும்பை அரைக்கவும் காற்றாலைகள் பயன்பட்டன. ஐரோப்பிய நாடுகளில் பெரிய கட்டிடங்கள் போலிருந்த காற்றாலைகள் நன்கு



படம் 14. எட்டுப் பாய்களுடன் உயரமான ஒரு கோபுர ஆலை. கூடுதல் உயரத்தினால், காற்றினை அதிக அளவில் எதிர்கொள்ள முடிகிறது.

பாதுகாக்கப்பட்டன. அதே காலகட்டத்தில் போலந்து மற்றும் போர்ச்சுகல் நாடுகளில் படுக்கைவச அச்சுக் காற்றாலைகள் இருந்து வந்தாலும், இன்றைக்கு அவை ஒன்றுகூட மிஞ்சவில்லை.

தண்ணீரை இறைப்பதற்கான அமெரிக்க வகை காற்று-சக்கரம் உலகம் முழுவதும் அறியப்பட்டிருந்தது; முக்கியமாக ஐந்து வகைகளில் இருந்தன. இருபதாம் நூற்றாண்டின் தொடக்கத்தில் 'லேன்காஸ்டர் பர்ன்' என்பவர் மிகச்சரியாக வடிவமைக்கப்பட்ட காற்றாலையை உருவாக்கினார். அதில் பாய்கள் சரியாக நடுவில் இருந்து கீழ்நோக்கித் தொங்கிக் கொண்டிருந்தன. காற்றின் வேகம் அதிகமானால் தானாகவே மடிந்து கொண்டு அதனால் சுயமாகவே ப்ரேக்காகவும் செயல்படுகிறது.

1890இல் பி.லா.கோர் (டென்மார்க்) என்பவர்தான் முதன் முதலில் மின்சார உற்பத்திக்காக காற்றாலையைப் பயன் படுத்தினார். இந்தக் காற்றாலை, பேடன்ட் உரிமை பெற்ற பாய்களுடன், ஸ்டீல் கோபுரத்தில் இரட்டை விசிறி-வால்களுடன் இருந்தது. முதலாம் உலகப்போருக்குப் பின்புதான் ஒரு புதிய சகாப்தமே தொடங்கியது. ஏனெனில் மெல்லிய காற்றுத் தகடுகள் கொண்ட பாய்களை உடைய காற்றாலைகள் பற்றி சோதனைகள் பல மேற்கொள்ளப்பட்டன. 1923ல் ஏ.ஜெ. டெக்கர் என்பவர் நெதர்லாந்து நாட்டில் மிகவும் வெற்றிகரமாக மெல்லிய காற்றுத் தகடுகளின் கொள்கையை பாய்களின் முதன்மை முனைகளில் ஈடுபடுத்தினார். இந்தக் கருத்து ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டு புதிய காற்றுத் தகடுகள் உருவாகிட, இதனால் அடையக்கூடிய வேகத்திற்கு உயர்ந்த பட்ச அளவு என்று ஒன்று ஏற்பட்டது. இந்த வடிவமைப்பு காற்று இயந்திரத்தின் செயல் திறனை அதிகரிக்கச் செய்தது. கிடைக்கும் காற்று சக்தியினை அதிகப்படியான அளவிற்கு பயன்படுத்திக்கொண்டது. 1931இல் காற்று டர்பைன் ஒன்று காற்றுத் தகடுகள் கொண்ட பாய்களுடன் க்ரீமியா எனுமிடத்தில் நிறுவப்பட்டது. அதன்மூலம் உற்பத்தி செய்யப்பட்ட ஆற்றல் உள்ளூரில் மின்சக்தி வினியோகத்திற்கு தரப்பட்டது. இரண்டு தகடுகளைக் கொண்ட காற்று டர்பைன்கள் அமெரிக்கா, இங்கிலாந்து, ஃபிரான்ஸ் ஆகிய நாடுகளில் சோதித்துப் பார்க்கப்பட்டன. 19ஆம் நூற்றாண்டின் தொடக்கம் வரை ஹாலந்து நாட்டில்தான் 9,000த்திற்கும் மேற்பட்ட காற்றாலைகள் வேலையில் ஈடுபட்டிருந்தன. அங்கு காற்றாலைகள் மூலம் கிடைக்கும் சக்தி மிக முக்கியமானதாக கருதப்பட்டது.

இந்த நூற்றாண்டின் இரண்டாவது கால்பகுதியில் ஓரளவு முன்னேற்றம் ஏற்பட்டுள்ளது. காற்று சக்தி பொதுவாக மக்களிடம் பெரிதும் ஆர்வத்தை ஏற்படுத்தியுள்ளது. 1929இல் ஃபிரான்ஸில்

பொகார்ட் எனும் இடத்தில் டேரியஸ் என்பவர் காற்று ஜெனரேட்டரைக் கட்டினார். அதன் கோபுரம் 20மீ உயரமும், அதே அளவு விட்டம் கொண்ட தகடுகளுடனும் இருந்தது. ஒரு நொடியில் 6 மீட்டர் என்ற காற்று வேகத்தில் 0.015 மெகாவாட் சக்தியை உற்பத்தி செய்யும் டிசி. ஜெனரேட்டர் காற்று சக்தியால் இயங்கியது. 1950இன் கடைசியில் ஃபிரான்ஸில், மற்றுமொரு பெரிய அமைப்பு, 0.8 மெகாவாட் திறன் கொண்டதாகவும் மேலும் அதிக காற்று வேகத்தில் இயங்கக் கூடியதாகவும் அமைந்தது.

இரண்டாம் உலகப்போருக்குப் பின்பு, அறிவியலார் கச்சா எண்ணெய்க்குப் பதிலாக காற்று ஆற்றலைப் போன்ற, வழக்கத்தில் இல்லாத ஆற்றல் வளங்களின் மேல் ஆர்வம் கொண்டனர். ஏனெனில், எண்ணெய் வளமானது ஒருநாள் முழுதும் தீர்ந்து போகக்கூடியது. காற்று ஆற்றல் தொழில்நுட்பத் துறையினில் மேலும் சில வளர்ச்சிகள் 1950 வரை தொடர்ந்து கொண்டே இருந்தன. ரஷ்யர்கள், டேனியர்கள். ஆங்கிலேயர்கள், பிரெஞ்சுக் காரர்கள், ஆகிய அனைவரும் பல்வேறு வகை காற்று இயந்திரங் களையும், 100 கிலோவாட்டுக்கு மேற்பட்ட சக்தியினைத் தரும் காற்று டர்பைன்களைப் பற்றியும் சோதனைகளை மேற் கொண்டு வந்தனர்.

பிரிட்டனில், காற்றழுத்தத்தினை செலுத்தும் அமைப்பு காற்று ஜெனரேட்டர் கொண்டு ஜெ. ஆண்ட்ரூ என்ற பிரஞ்சு பொறி யியல் வல்லுனரால் வடிவமைக்கப்பட்டு 1950இன் மத்தியில் என்ஃபீல்ட் கேபிள் கழகத்திற்காக கட்டப்பட்டது. அதன் கோபுரம் 30 மீட்டர் உயரமும், தகடுகள் 24 மீட்டர் விட்டமும் கொண்ட தாக இருந்தது. 'ஒரு நொடியில் 13.4 மீட்டர்' என்ற காற்று வேகத்தில் 0.1 மெகாவாட் சக்தியினை உற்பத்தி செய்யக் கூடியது. அல்ஜீரியாவில் இந்த அமைப்பு பலவருடங்களுக்கு வெற்றிகரமாக இயங்கி வந்தது.

1950இன் இறுதியில் டேனிஷ் மின்சார நிறுவனங்கள் காற்று ஆற்றலைப் பற்றிப் பல்வேறு சோதனைகளைத் தொடங்கினார்கள். இந்த சோதனைகள் முடிவுற்று வெற்றிகரமாக சோதிக்கப்பட்டன. 'ஜெட்சர் ஆலை' என நன்கு அறியப்பட்ட 200 கிலோவாட் காற்று டர்பைன் மற்றும் ஜெனரேட்டர் மூலமாக, இது பத்து ஆண்டு களுக்கு மேல் நன்றாக செயல்பட்டுக் கொண்டிருந்தது. பழங்காலக் காற்றாலைகள் தொடர்ந்து செயல்பட்டு வருகின்றன என்றாலும், அதிகரித்துக்கொண்டே வரும் சிரமங்களாலும், குறைந்து கொண்டே வரும் எண்ணிக்கையினாலும், குறைந்த பொருளாதார சூழ்நிலைகளில்தான் இயங்கி வருகிறது. 1965இல் ஆயிரத்திற்கும் மேற்பட்ட காற்றாலைகள் போர்ச்சுகல் நாட்டில் செயல்பட்டு

வந்தன. பின்னாளில் நிலத்தடியிலிருந்து கிடைக்கும் எரிசக்தி வளங்கள் மிகவும் குறைந்த விலைக்கே கிடைத்ததால் அவற்றுடன் காற்றாலைகளால் பொருளாதார ரீதியாக போட்டிபோட முடியாமல் அழிந்து போயின. மேலும், இது போன்ற முயற்சிகள் பெரும்பாலும் தனியாக, அரசு சாராத அமைப்புகளின் பொருளாதார ஆதரவாலேயே நடந்து வந்ததால், இவை நிலையான ஆராய்ச்சிகள் ஏதுமின்றி தவித்தன.

இரண்டாம் உலகப்போருக்கு பின் பல்வேறு காற்றாலை ஜெனரேட்டர்கள் சோதனை அடிப்படையில் கட்டப்பட்டாலும், ஒன்றுகூட வெற்றிகரமாக இயங்கவில்லை.

1947இல் நாசா எனப்படும் 'நேஷனல் ஏரோநாடிக்ஸ் மற்றும் ஸ்பேஸ் அட்மினிஸ்ட்ரேஷன்' எனும் அமைப்பு சோதனை முறை காற்று டர்பைன் ஜெனரேட்டரை, சேன்டஸ்கியில் ஓஹியோவிற்கு அருகே அமைத்தது. அதன் கோபுரம் 30 மீட்டர் உயரமும் ரேடார் 38' மீட்டர் விட்டமும் கொண்டிருந்தது. திட்டமிட்டபடி அது, 100 கிலோவாட், 460 வோல்ட், 3 பேஸ், 60 Hz அளவு மின்சாரம் தரவேண்டும். அந்த ஆலை மூடப்படுவதற்கு முன், வடிவமைப்பு மற்றும் பெரிய காற்று ஜெனரேட்டர்களை இயக்குவதில் ஓரளவு அனுபவத்தை மட்டுமே பெற்றுத் தந்தது.

1976இல் டேனிஷ் அரசு காற்று ஆற்றல் வளர்ச்சிக்காக ஒரு திட்டத்தைத் தொடங்கியது. இதுபோன்ற நடவடிக்கைகள் தொழிற்துறையில் வளர்ச்சி அடைந்த நாடுகளில் மேற்கொள்ளப் பட்டு வருகின்றன; உதாரணமாக நாசாவின் 2000 கிலோவாட் டர்பைன் திட்டம் உலகப் பிரசித்தி பெற்றது.

2

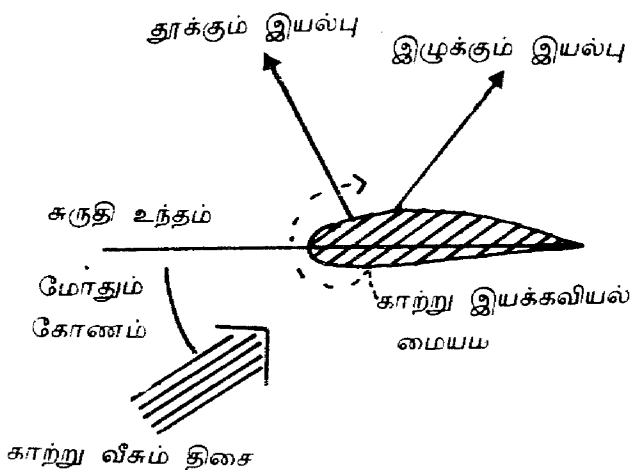
அடிப்படைக் காற்றாலைக் கொள்கை

சூரியனின் சக்தியானது முதலில் பூமியின் மேற்பரப்பினால் பெறப்பட்டு, பின்னர் பல்வேறு வடிவங்களில் சுற்றியுள்ள காற்று மண்டலத்திற்கு அனுப்பப்படுகிறது. பூமியின் மேற்பரப்பு எல்லா இடங்களிலும் ஒரே தன்மையுடையதாக இல்லாததால் அது பெற்றுக்கொள்ளும் சக்தியின் அளவானது காலம், தூரம் ஆகிய இரண்டிலும் வேறுபடுகிறது. இதனால் வெப்பநிலை அடர்த்தி, மற்றும் அழுத்தத்தில் வேறுபாடுகள் ஏற்படுகின்றன. இதன் விளைவால் ஏற்படும் விசை, காற்றை ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோர் இடத்திற்குத் தள்ளுகிறது. சூடான காற்று லேசாக இருக்கும். ஏனெனில் சூட்டினால் காற்று விரிவடைந்து மேலே எழும்புகிறது. அதே சமயம் மேலே இருந்த குளிர்ந்த காற்று கீழே நகர்கிறது. ஆகவே, காற்று மண்டலத்தில் ஒரு வகையான குறுகிய காலத்திற்கு நிலையாக இருக்கும் வடிவ அமைப்புகள் ஏற்பட்டு வருகின்றன. பூமியின் மேற்பரப்பு ஒரே சீராக சூடாகாததால்தான் காற்று இங்கும் அங்கும் அலைபாய்கிறது.

பூமியின் மேற்பரப்புடன் ஒப்பிடுகையில் காற்று நகர்ந்து கொண்டிருப்பதால் அது ஒரு வகையான சக்தியைக் கொண் டுள்ளது. காற்றாலையானது, காற்றின் வேகத்தைக் குறைத்து அதனுடைய சக்தியில் சிறிதைப் பெற்றுக் கொள்கிறது. பின்னர், காற்று சக்தியை இயந்திர ஆற்றலாக மாற்றுகிறது.

பெரும்பாலான காற்று இயந்திரங்களில், பாய்கள், தகடுகள் அல்லது வாளிகள் மையநீள் உருளையுடன் இணைக்கப்பட்டு இருக்கும். பெறப்பட்ட சக்தி இந்த நீள்உருளையை சுற்றச் செய் கிறது. இவ்வாறு உருளும் நீள் உருளையால் ஒரு ஜெனரேட்டருக்கு சக்தி ஊட்டி, அதனால் நீரேற்றும் கருவி உந்தப்படவோ அல்லது தானியங்களை அரைக்கும் ஆலைக் கற்களை உந்தவோ பயன் படுத்தலாம்.

இரண்டு முக்கியமான காற்று இயக்கவியல் கொள்கைகள்

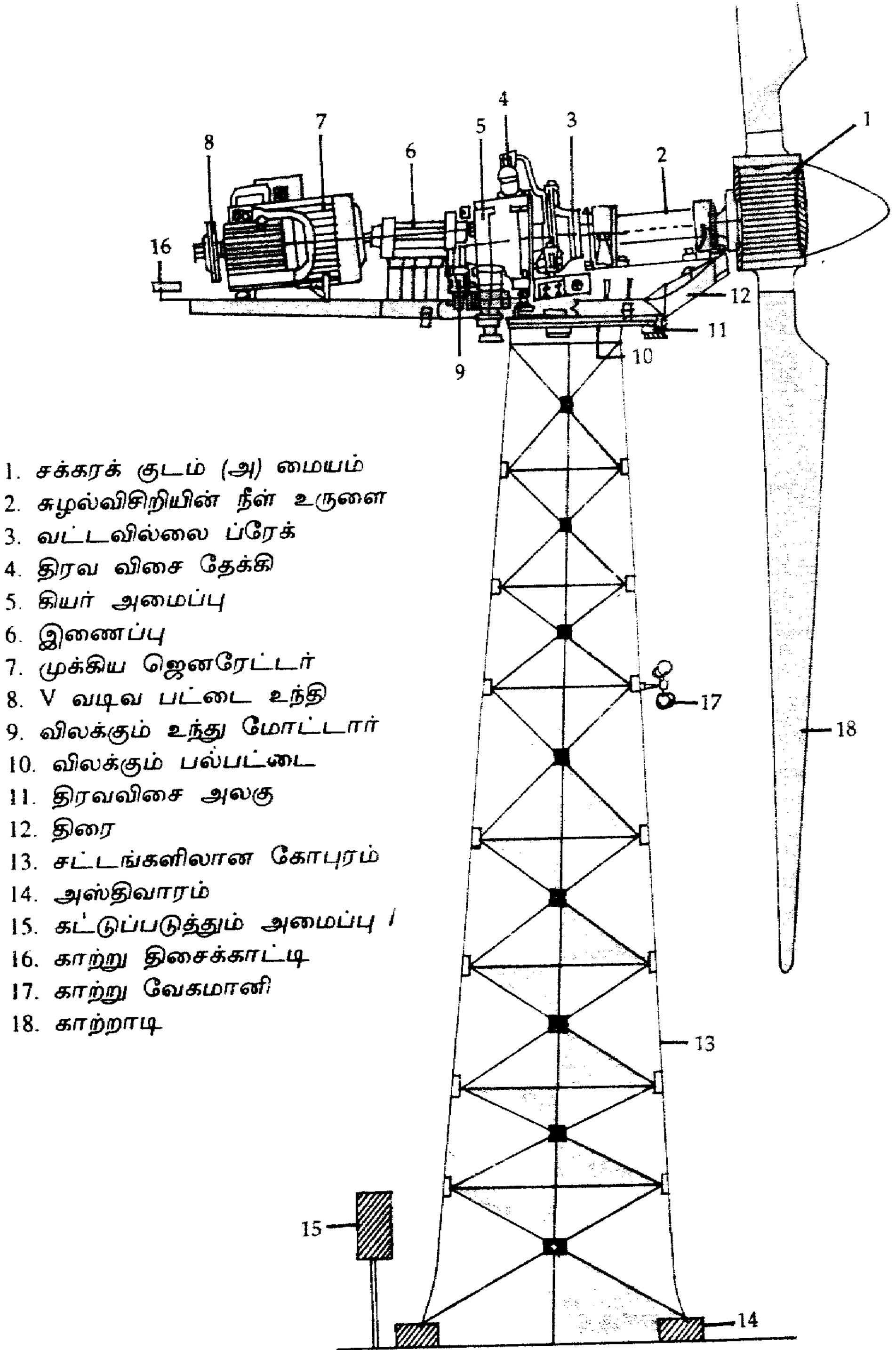


படம் 15. காற்று வீசும் திசையையும், 'தூக்கும்' மற்றும் 'இழுக்கும்' இயல்புகளையும் காட்டும் படம்.

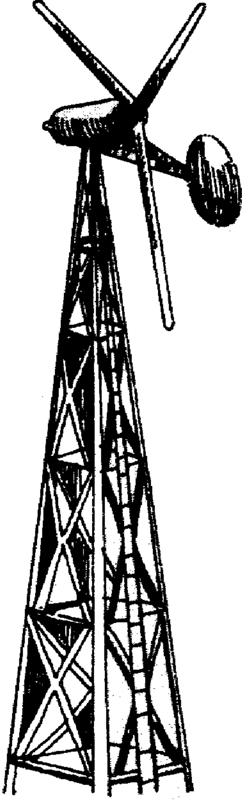
காற்றாலை செயல்பாட்டில் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளன. அவை தூக்கும் மற்றும் இழுக்கும் இயல்புகள் ஆகும். காற்றானது காற்றாலையின் சுழலியை (ரோட்டாரை) இயக்குவது (சுற்றச் செய்வது) அதன் தகடுகளைத் தூக்குவதன் (தூக்கும் இயல்பு) மூலமாக அல்லது அவற்றை எதிராகத் தள்ளுவதன் மூலமாக இருக்கலாம். நடைமுறையில் ஒரு காற்று இயந்திரம் காற்றின் முழு சக்தியையும் பெற முடியாது, ஏனெனில் காற்றின் அடர்த்தி, காற்று அழுத்தம், ரோடார் பரப்பளவு மற்றும் ரோடாரின் வடிவமைப்பு போன்ற பல்வேறு காரணங்கள் இருக்கின்றன; முடிந்த அளவு அதிகப்பட்ச அளவு சக்தியினை எடுத்து அதை பயன்படுத்திட இரண்டு கொள்கைகளையும் (தூக்கும் மற்றும் இழுக்கும் இயல்புகள்) வடிவமைக்கும் பொழுது அந்தந்த தனிப்பட்ட பயன்பாட்டுக்கு ஏற்றவாறு அமைக்க வேண்டும். (படம் 15)

காற்று இயக்கவியலில் தூக்கும் இயல்புக்கு விமானத்தின் இறக்கைகளில் ஏற்படும் ஒருவித விசையை உதாரணமாகக் கூறலாம். விமானம் பறக்கும் பொழுது, அதன் இறக்கையின் (காற்றுத் தகடு) தனிப்பட்ட வடிவம், இறக்கைக்கு மேற்பகுதியில் குறைந்த காற்றழுத்தத்தையும் இறக்கையின் கீழ்ப்பகுதியில் அதிக அழுத்தத்தையும் ஏற்படுத்துகிறது. இறக்கையின் மேற்பகுதிக்கும் கீழ்பகுதிக்கும் இடையே ஏற்படும் அழுத்த வேறுபாடுதான் உண்மையிலேயே விமானத்தை மேலே எழுப்புகிறது. இதே கொள்கைதான் உயர் தொழில்நுட்ப காற்று டர்பைன்கள் அனைத்திலும் செயல்படுத்தப்படுகிறது. இன்று அனைத்து சிறந்த காற்று இயந்திரங்களினாலும் தூக்கு சக்தி பயன்படுத்தப்படுகிறது.

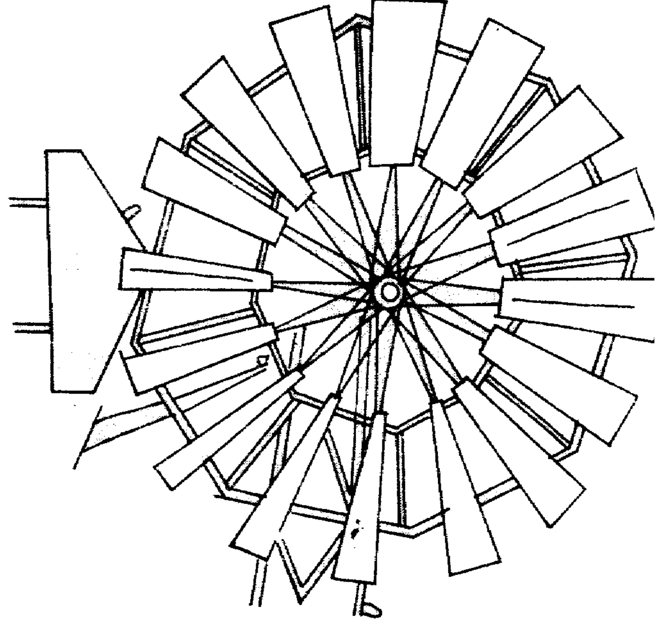
குறைந்த வேகம் கொண்ட காற்று இயந்திரங்கள் உயர்வேகம் கொண்ட காற்று இயந்திரங்களைவிட அதிக திருப்பு விசை



படம் 16. காற்று டர்பைன் வகை



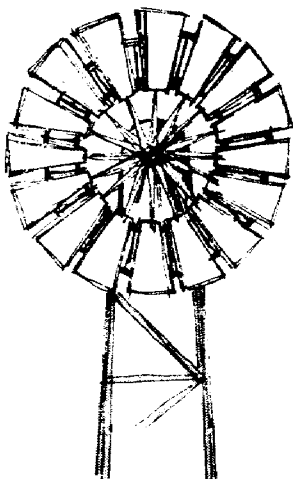
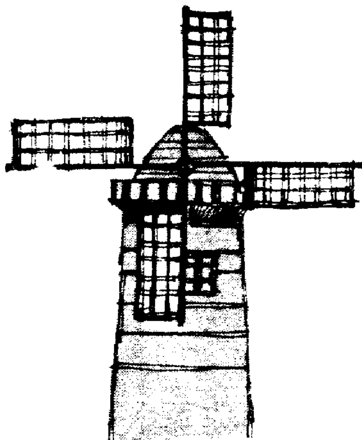
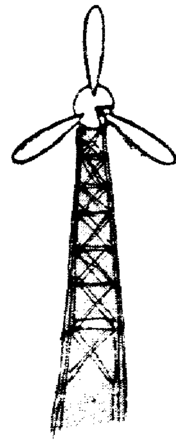
படம் 17 அ. கிராமப்புறப் பயன்பாட்டிற்கான சிறிய டி.சி. வகை படுக்கை வச-அச்சு காற்று இயந்திரம்.



படம் 17 ஆ. குறைந்த வேகம் கொண்ட, பல தகடுகளை உடைய படுக்கைவச-அச்சுக் காற்றாலை.

கொண்டுள்ளன. நீரேற்றும் கருவியைப் போன்றவற்றுக்கு மிக அதிகமான திருப்புவிசை இருப்பது முதன்மையானதும் முக்கியமானதும் ஆகும். இதனால் காற்றாடியை வடிவமைப்பது எளிதானதாகும். ஏனெனில் இவ்வகை காற்று இயந்திரங்கள் குறைந்த வேகம் கொண்டவை. மேலும் அவற்றின் காற்றாடி மற்றவற்றைக் காட்டிலும் அதிக பரப்பளவு கொண்டது. ஆகையால் குறைந்த வேகம் உடைய காற்று இயந்திரங்கள் பாய்கள் அல்லது வளைவான காற்றாடிகளைப் பயன்படுத்தலாம். உயர்வேகம் கொண்ட இயந்திரங்களோ இழுக்கும் விசைகளின் தீங்கான விளைவுகளைக் குறைக்க வேண்டுமானால், காற்றுத் தகடுகள் வகை காற்றாடிகளைக் கொண்டிருக்க வேண்டும்.

ரோடார் மாதிரி

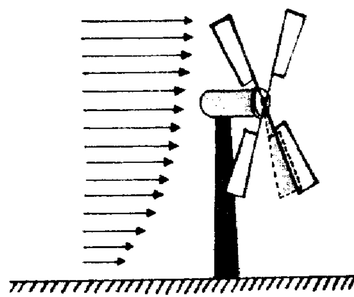




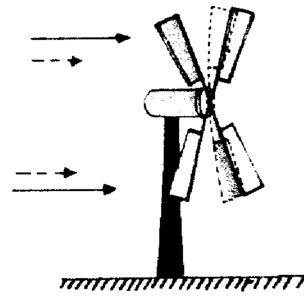
அ. பண்ணை ஆ. டச்சு வகை இ. நவீன சுழல் விசிறி

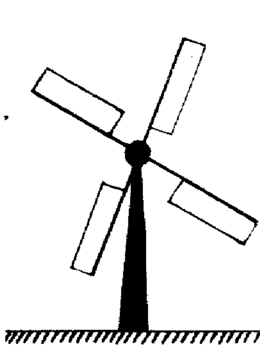
படம் 18 அ. உயர் திருப்புவிசை, குறைந்த சுழற்சி, அதிக இழப்பு.
ஆ. உயர் திருப்பு விசை, குறைந்த சுழற்சி, செயல் திறனற்ற காற்றாடி வடிவம்.
இ. குறைந்த திருப்புவிசை, உயர் சுழற்சி, சிறந்த செயல்திறன் கொண்ட காற்றாடி வடிவமைப்பு.

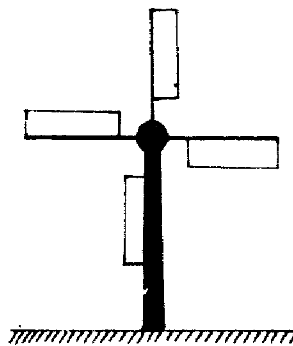
காற்று இயந்திரங்களில் இரண்டு வகைகள் உண்டு:

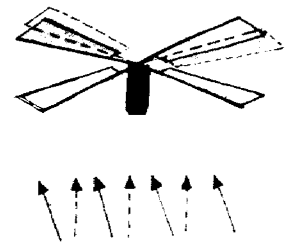
1. **படுக்கைவச–அச்சு காற்று இயந்திரம்:** இவ்வகையில், சுழலும் அச்சானது காற்று வீசும் திசைக்கு நேராகவும், நிலத்திற்கு நேராகவும் இருக்கும். படுக்கைவச நீள் உருளையில் இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட காற்று இயக்கவியல் தகடுகள் மாட்டப்பட்டு இருக்கும். படம் 17 (அ)வில் காட்டப்பட்டுள்ள காற்று இயந்திரம் கிராமப்புறங்களில் உபயோகத்திற்கு ஏற்ற சிறியதொரு படுக்கைவச அச்சு டர்பைன் ஆகும். இறக்கையின் முனைகள் காற்றின் வேகத்தைப் போன்று பல மடங்கு வேகத்தில் செல்வதால், அதிகமான செயல்திறன் கிடைக்கிறது. விமானத்தில் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ள அதே காற்று இயக்கவியல் கொள்கையைக் கொண்டு இறக்கையின் சாய்கோணம் வடிவமைக்கப்படுகிறது. கலிஃபோர்னியாவில் காற்று ஆற்றலின் உதவி பெற்ற விளை நிலங்களில் இது போன்ற இயந்திரங்கள்தான் இயங்குகின்றன. இவற்றின் சக்தி அளவு ஒரு இயந்திரத்திற்கு ஓரிரு கிலோவாட் முதல் 200 கிலோவாட் வரை இருக்கும். குறைந்த வேகமுடைய







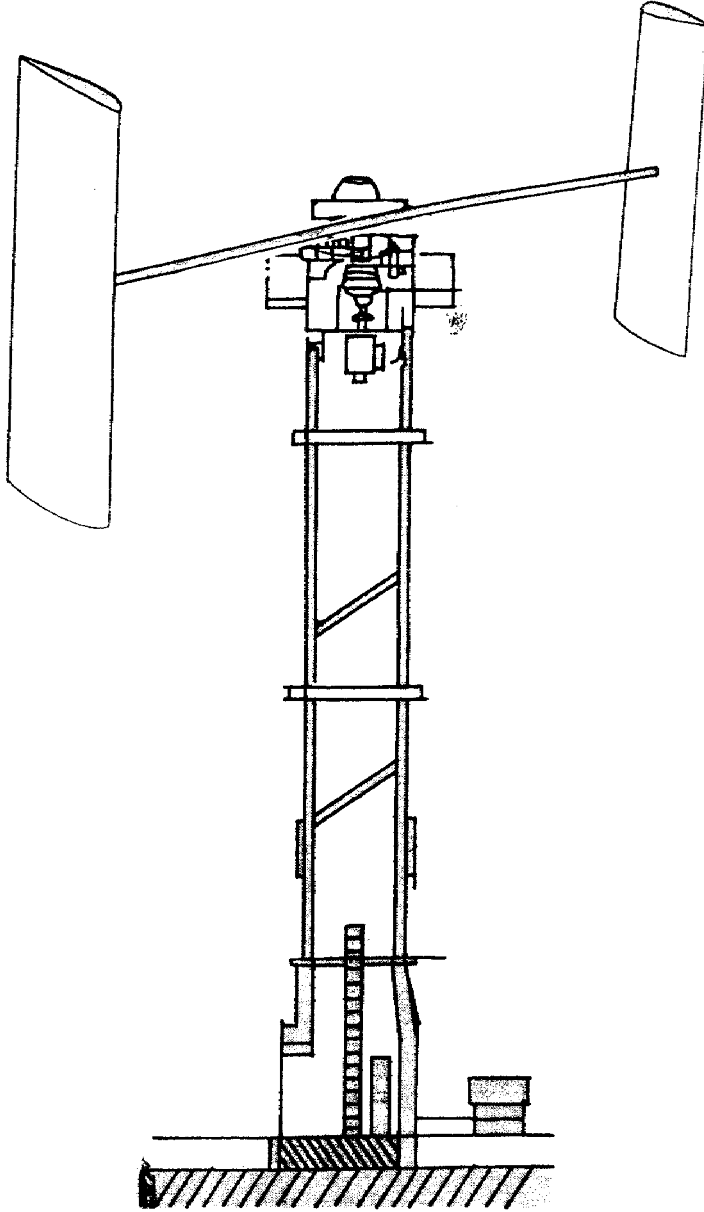




படம் 19. சுழலிகளில் தாக்கம் செலுத்தும் பல்வேறு காரணிகள்.

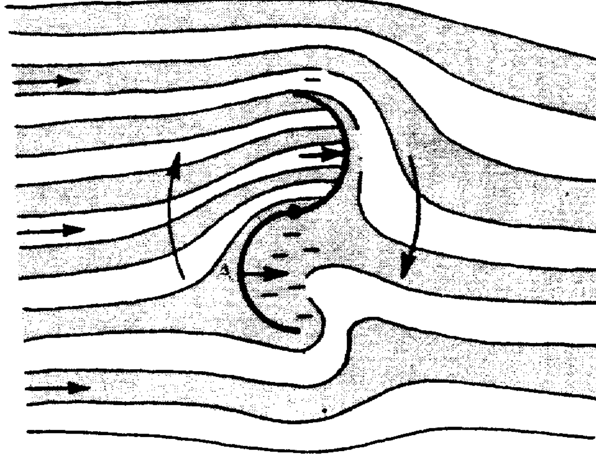
படுக்கைவச-அச்சு காற்றாலை முக்கியமாக நீரேற்றும் கருவி போன்ற மெகானிகல் செயல்களில் பயன்படுகிறது (படம் 17 ஆ).

நன்கறியப்பட்ட ஏனைய வகைகள் படம் 18இல் காட்டப் பட்டுள்ளன. நவீனமான சுழல்விசிறிகள் காற்று டர்பைனில் பயன்படுத்தும்பொழுது அவை பிட்சினை வேறுபடுத்துவதன் மூலமாக நீள்உருளையின் வேகத்தைக் கட்டுப்படுத்தி அதன்மூலம் மிக அதிக செயல்திறனை அடைகிறது. ஒரு வகை உருளை வடிவத் தொடரமைப்பில் ஒல்லியாகவும் குறுகலாகவும் இருக்கும் நாற்பத்தெட்டு இறக்கைகள் மீது அழுத்தும் விசையினை, சுற்றி யிருக்கும் சக்கரம் உருவாக்குகிறது. இந்தச் சக்கரம் சக்கரமுறை உந்தாகச் செயல்பட்டு, ஜெனரேட்டரின் நீள் உருளையினை படிப் படியான கியர் அமைப்பு ஏதுமின்றி உயர்வேகத்தில் சுழலச் செய்கிறது. இயக்கத்தில் பளு ஏற்றுதலுக்கான பல்வேறு காரணி களை படம் 19 காட்டுகிறது. படுக்கைவச அச்சு ரோடார்களின் இறக்கைகள், ஒரே குழுமமாக, தூக்கு விசையினால் உந்தப்

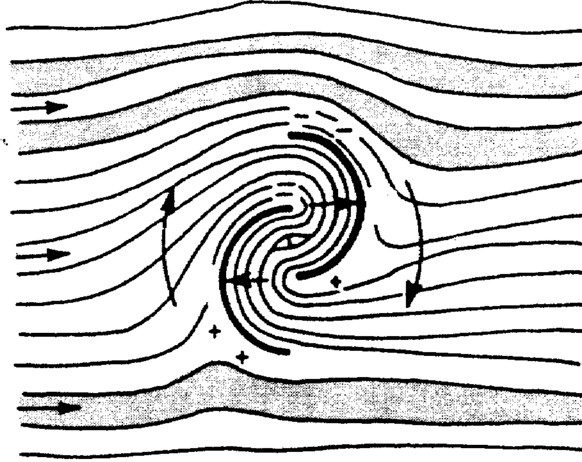


படம் 20. உயர்வேக, மாற்றி அமைக்கப்பட்ட நேரச்சு காற்றாலை.

படுகின்றன. அதனால், வேக விகிதாச்சாரம் (தகடின் முனையின் வேகத்திற்கும் காற்றின் வேகத்திற்கும் உள்ள விகிதாச்சாரம்) மிக அதிக அளவாக பன்னிரெண்டை அடைகிறது. வேகவிகிதம் அதிகமாக இருக்கம்போது காற்று டர்பைனின் செயல்திறனும் அதிகமாக இருக்கும்.

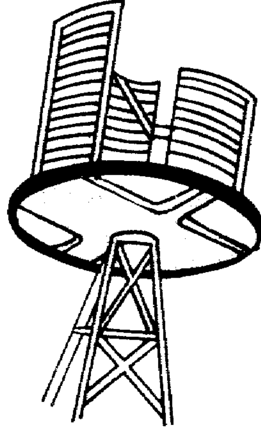


(அ)



(ஆ)

படம் 21. காற்று வீச்சின் வடிவமும், அரைஉருளைகளில் ஏற்படும் காற்றழுத்தமும்: அ. 'A' அரைஉருளை காற்றுக்கு எதிராக நகரும் பொழுது, அதன் பின்புறம் அழுத்தம் குறைகிறது; ஆ. அரை உருளைகளுக்கு நடுவே செல்லும் காற்று அதிகரிப்பதால், 'A' அரைஉருளையின் பின்புறம் அழுத்தம் அதிகரிக்கிறது. அதனால், சுழற்விசை காற்றுப்போக்கு இல்லாதபோது இருந்ததைவிட மும்மடங்காய் உயர்கிறது.



படம் 22. சவோனியஸ் ரோடார்

ரோடார் தகடு

சுழலும் தூண்

உருளை (அ) கப்பி

கீழ்பேரிங்

அடி அட்டை

படம் 23. பல்வேறு பாகங்களுடன் ஒரு நேரச்சு ரோடார்

2. நேரச்சு காற்று இயந்திரங்கள்: இவ்வகையில், சுழலும் அச்சானது காற்று வீசும் திசைக்கும் நிலத்திற்கும் செங்குத்தான திசையில் அமையும் (படம் 20). 1970ஆம் ஆண்டின் தொடக்கத்தில் மஸ்குரோவ் என்பவர் வேரியபிள் ஜாமெட்ரி வாட் (VAWT) என்ற ஆலையை வடிவமைத்தார். இந்த ஆலை நராக அமைக்கப்பட்ட தண்டின் மேல், நெளிக்கப்படாத காற்றாடி பிளேடுளையும், பிளேடுகளின் மையப்புள்ளியில் அமையும் குறுக்கு சட்டத்தையும் கொண்ட வடிவில் அமைந்திருக்கும். (படம் 20). மிக நன்கு அறியப்பட்ட நேரச்சு ரோடார் ஒரே வடிவுள்ள இரண்டு அரை உருளைகளுடன் தங்களது அச்சு நேரானதாகவும் கொண்டிருக்கும். காற்று செல்லும் போக்கின் பாதையும், அரை உருளைகளின் மீது ஏற்படும் காற்றழுத்தமும் படம் 21இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. படம் 21 'அ'வில் இருப்பதுபோல் அமைப்பு இருக்கும்போது 'A' அரை உருளை காற்றுக்கு எதிராக நகர்வதால், அதன் பின்புறத்தில் குறைந்த அழுததம் ஏற்படுகிறது. அதனால், சுழற்சி விசையும் குறைகிறது. ஆனால் படம் 21 'ஆ'வில் உள்ளது போல் இரண்டு அரை உருளைகளுக்கும் இடையே காற்றுப்போக்கு ஏற்பட்டால் 'A' அரை உருளைக்குப் பின்புறம் காற்றழுத்தம் குறைவதற்குப் பதிலாக அதிகமாகிவிடும். அதன் விளைவாக, சுழற்சி விசையோ காற்றுப் போக்கு இல்லாதபோது இருந்ததைவிட மும்மடங்காய் உயர்ந்து விடும். இந்த நேரச்சு ரோடார் சவோனியஸ் (1931) என்ற ஃபின்லாந்து பொறியியல் வல்லுனரால் உருவாக்கப்பட்டது. அதை சிறிய காற்று ஆற்றல் அமைப்புகளில் பயன்படுத்தல் அதிகரித்து வருகிறது (படம் 22).

டேரியஸ் (1931) என்கிற ஃபிரெஞ்சு பொறியியல் வல்லுனர் மற்றொரு நேரச்சு ரோடாரினை வடிவமைத்தார். அதன் நவீன வடிவத்தினை படம் 23இல் காணலாம். வளையக்கூடிய உலோக அட்டைகள் வளைவான கம்பி போன்ற வடிவத்தில் ரோடார் தகடுகளாக அமைந்தன. கொடுக்கப்பட்ட காற்று வேகத்திற்கு இந்த அமைப்பு சவோனியஸ் ரோடாரைக் காட்டிலும் அதிக வேகத்துடனும், அதிக செயல் திறனுடனும் சுழலக் கூடியது. துரதிருஷ்டவசமாக டேரியஸ் ரோடார், அதிகமாக காற்று வீசும் பொழுதுகூட, தானே சுயமாக இயக்கத்தினை தொடங்க இயலாது.

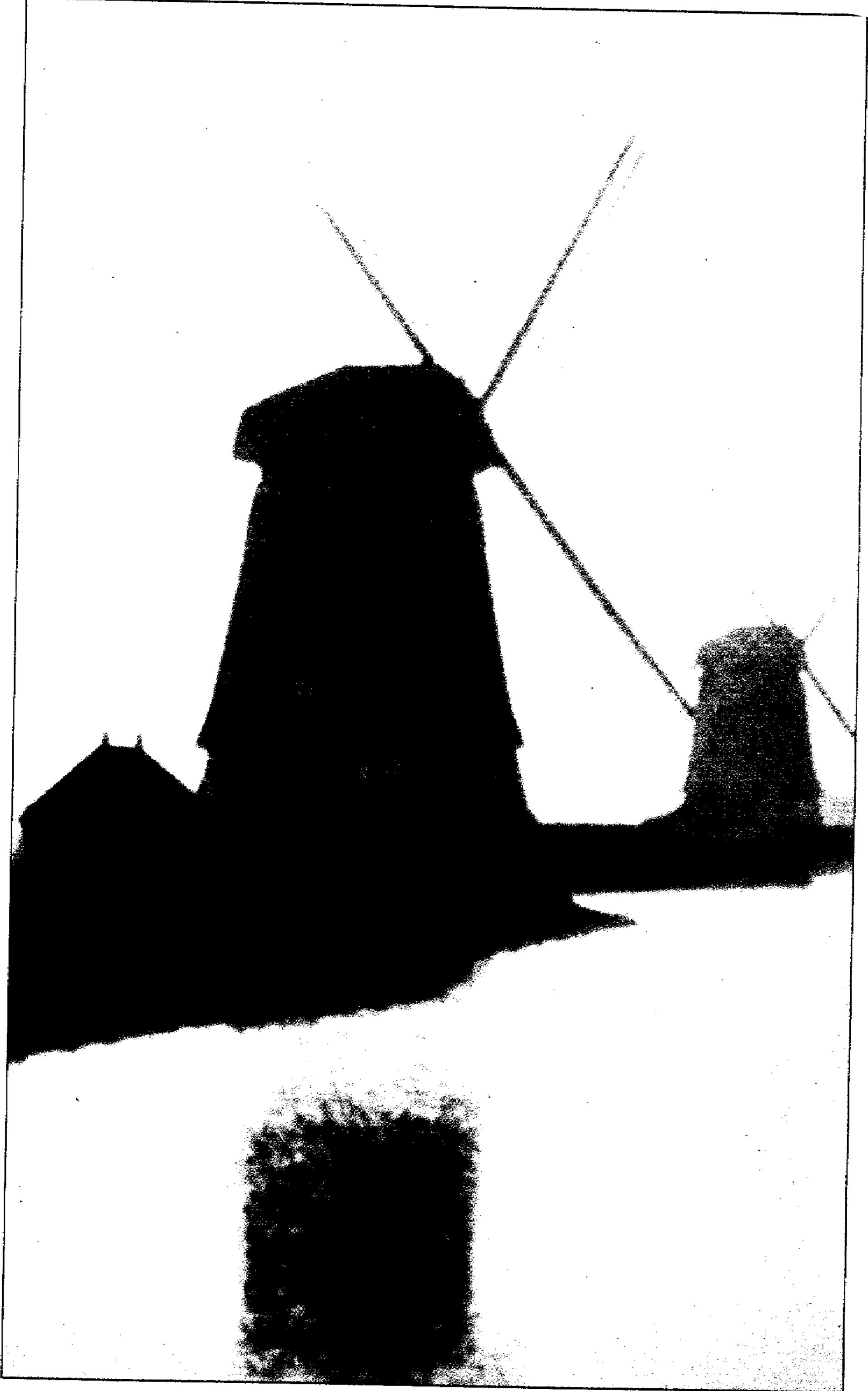
பெரிய காற்று டர்பைன் ஜெனரேட்டர்கள் தங்களது முழு இயக்கத்திறனில் இயங்கும்பொழுது, அவற்றின் சுழற்சி விகிதாச் சாரத்தை ரோடார் தகடுகளை வேறுபடுத்துவதன் மூலம் கட்டுப் படுத்தலாம். ஏனெனில், சிறந்ததொரு ஜெனரேட்டர் அவுட் புட்டிற்கு அதிகமான சுழற்சி வேகம் தேவைப்படும். கிட்டத்தட்ட ஒரு நிமிடத்திற்கு 1800 சுழற்சிகள் தேவைப்படுவதால், ரோடார்

வேகத்தினை மிகவும் உயர்த்த வேண்டும். இயந்திர அமைப்பு களான நிலையான விகிதாசாரம் கொண்ட கியர்கள், பட்டைகள், மற்றும் தொடரிணைப்புகள் அல்லது நீரேற்றும் கருவி மற்றும் மோட்டார்களைக் கொண்ட திரவ விசை அமைப்புகள் போன்றவை ஆற்றலை ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோர் இடத்திற்கு செலுத்தும் அமைப்புகளாகச் செயல்படும்.

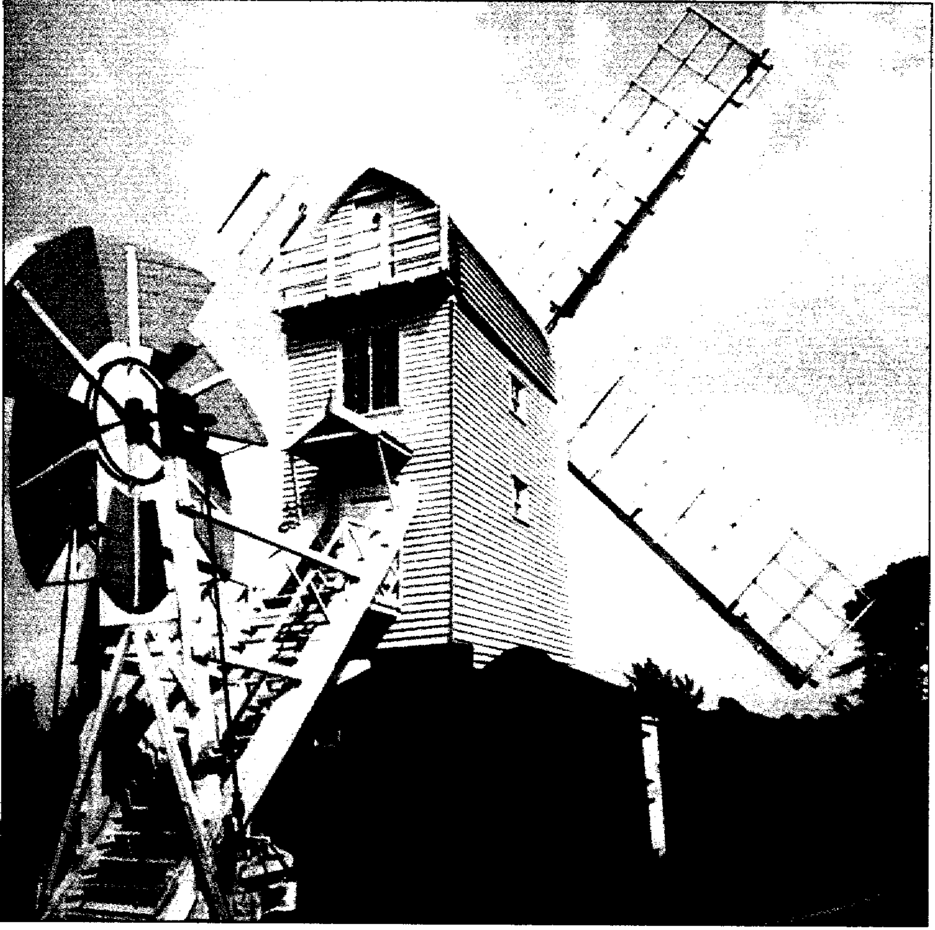
3

காற்று ஆற்றல் எதற்காக?

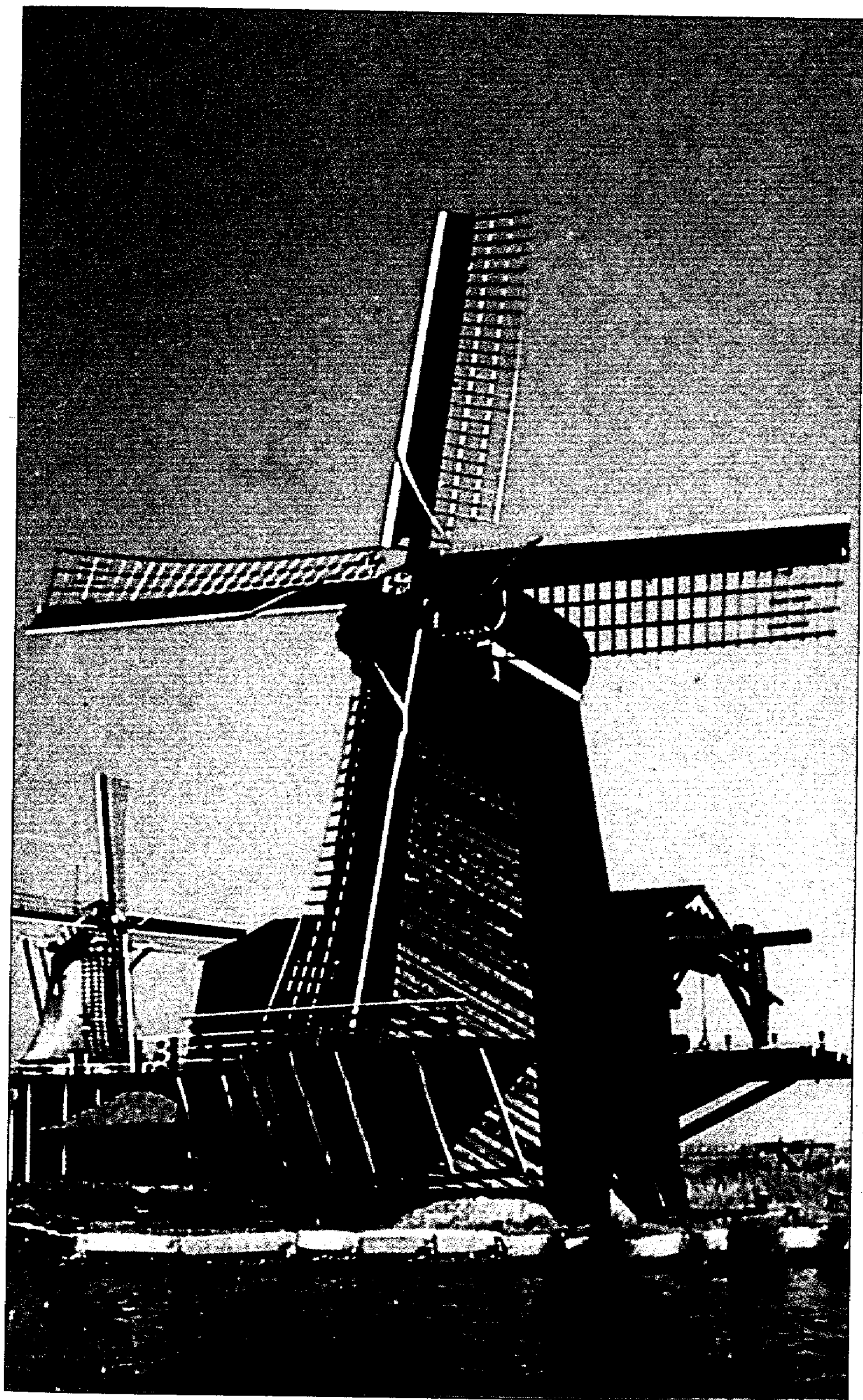
பல நூற்றாண்டுகளாக காற்றை ஆற்றலாக மாற்றும் அமைப்புகள் ஆற்றல் வளங்களில் ஒன்றாக மனிதனுக்கு பயன்பட்டு வருகின்றன. அறிவியல் மற்றும் பொறியியல் வல்லுனர்கள் பெரிய காற்று டர்பைன்களை கட்டுவதற்கு முன்பு சிறிய காற்று இயந்திரங்களை சோதித்துப் பார்த்தனர். ஆனால் 1960இன் தொடக்க காலத்தில், ஏனைய வளங்களால் ஆற்றலை உருவாக்கும் வழிகள் சிக்கலற்றதாகவும், எளிதில் கிடைக்கக் கூடியதாகவும் இருந்ததால் காற்று ஆற்றலில் இருந்த ஆர்வம் ஓரளவு குன்றிப் போனது. பூமிக்கடியில் புதைந்து மக்கிய எரிசக்தி வளங்கள் அந்தக் காலத்தில் காற்று ஆற்றலைவிடவும் குறைந்த விலையில் கிடைத்தன. 1970களில்தான் மக்கிய எரிசக்தி வளங்கள் புதுப்பிக்க இயலாதவை என்றும், இடையூறுகள் நிறைந்தவை என்றும், முன்பு எண்ணியது போல், அணுசக்தி வளங்கள் நம்பகத்தன்மையும், குறைந்த விலையில் கிடைக்கக் கூடியதும் அல்ல என்றும் உணரப்பட்டது. ஆற்றல் தேவைகள் அதிகரித்ததாலும் எரிசக்தி வளங்களின் விலைகள் ஏறியதாலும், எரிசக்தி வளங்களின் இருப்பு அழிந்து வந்ததாலும், அன்னியநாட்டு வளங்களை எதிர்பார்த்து இருக்கும் நிலைமையினாலும், மாற்று ஆற்றல் வளங்களை உருவாக்க வேண்டிய சூழ்நிலை ஏற்பட்டது. உலகில் தொழில் துறையில் முன்னேறிய நாடுகள் காற்று ஆற்றலை மாற்று வளமாக மீண்டும் ஏற்றுக் கொள்ள முடிவு செய்தன. இம்முறை இன்னமும் மிகப் பெரிய அளவில் செயல்படத் தொடங்கின. இன்று தங்கள் ஆற்றல் தேவைகளை தாங்களே பூர்த்தி செய்ய இயலாத நாடுகள், காற்று இயந்திரங்களை தங்கள் தேவைகளுக்கு முக்கியமானதொரு வளமாக கருதுகின்றன. எதனால் காற்று ஆற்றல் மிகுந்த முக்கியத்துவம் வெற்று வருகிறது என்பதற்கு சிறந்ததொரு விடையினைப்பெற, அதனுடைய நன்மை தீமைகளை பட்டியல் போட்டுப் பார்க்க வேண்டும். பின்வரும் தகவல்கள் மூலமாக



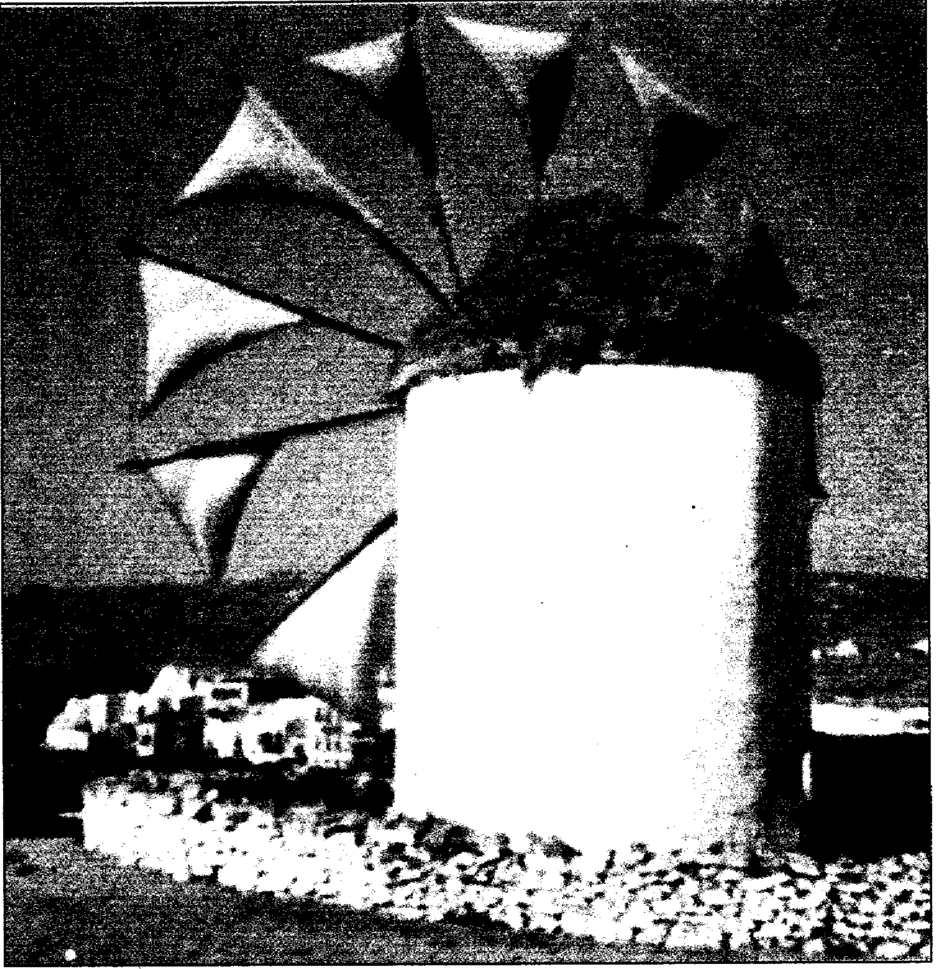
I. பாரம்பரியமான டச்சு-வகை காற்றாலை. நெதர்லாந்தில் வேளாண் நிலங்களுக்கு நீர் பாய்ச்ச காற்றலைகள் பல நூற்றாண்டுகளாக பயன் படுத்தப்படுகின்றன.



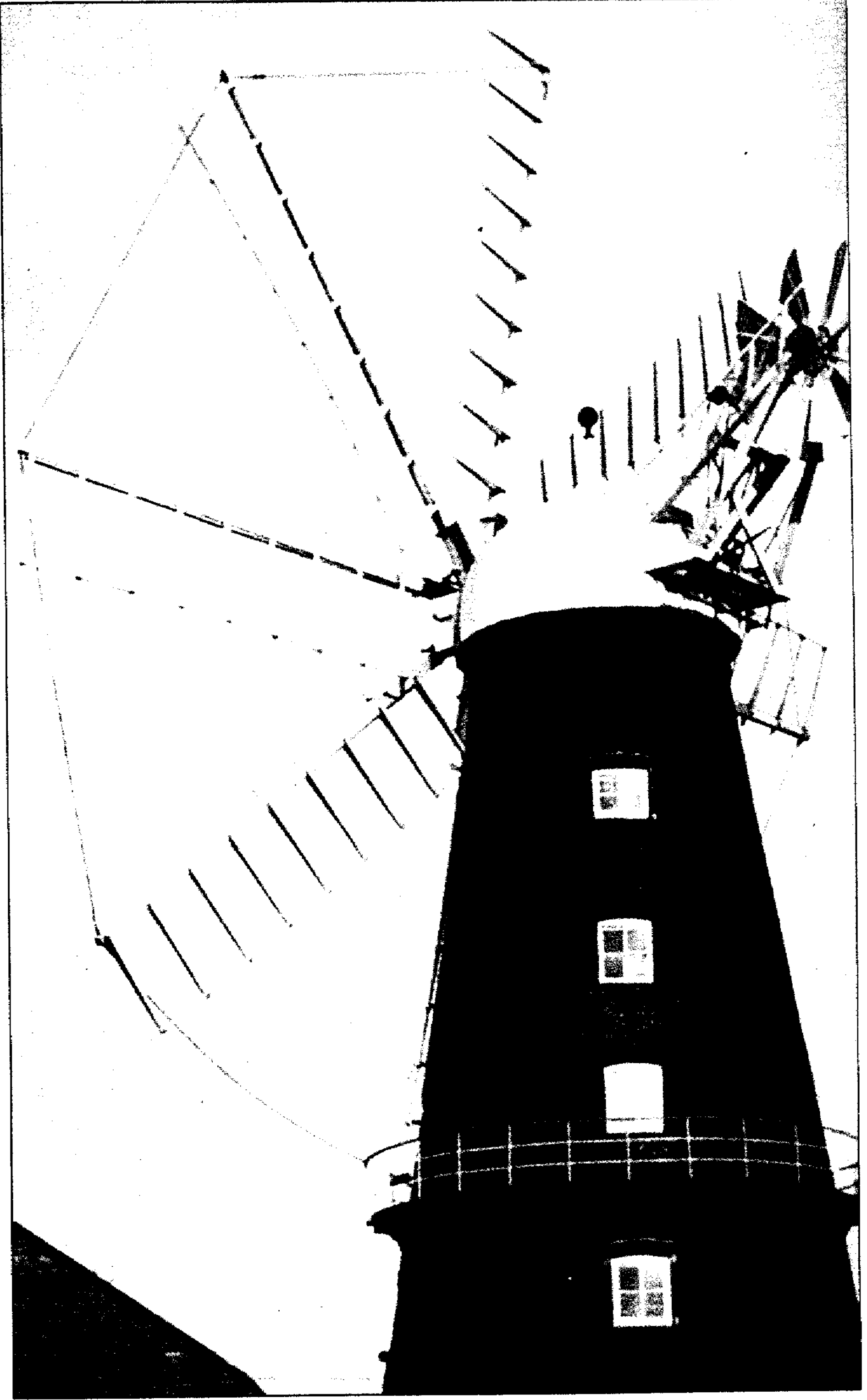
II. ஸஃபோக்கில் உள்ள போஸ்ட்மில்; வால்பகுதி இறக்கைகளுடன்



III. டென்மார்க்கில் கோபுர காற்றாலைகளை எங்கும் காணலாம்.



IV. சைக்ளேடெஸ்-இலுள்ள காற்றாலை சுமார் பத்து பாய்களைக் கொண்டது.



V. எட்டு இறக்கைகள் கொண்ட ஒரு கோபுர காற்றாலை. இதில் வெண்மையாகத் தெரியும் கூரைப்பகுதி காற்றுக்கு நேராகத் திரும்பும்.



VI. டென்மார்க்கில் கம்பீரமாகக் காட்சிதரும் ஒரு போஸ்ட்மில்.



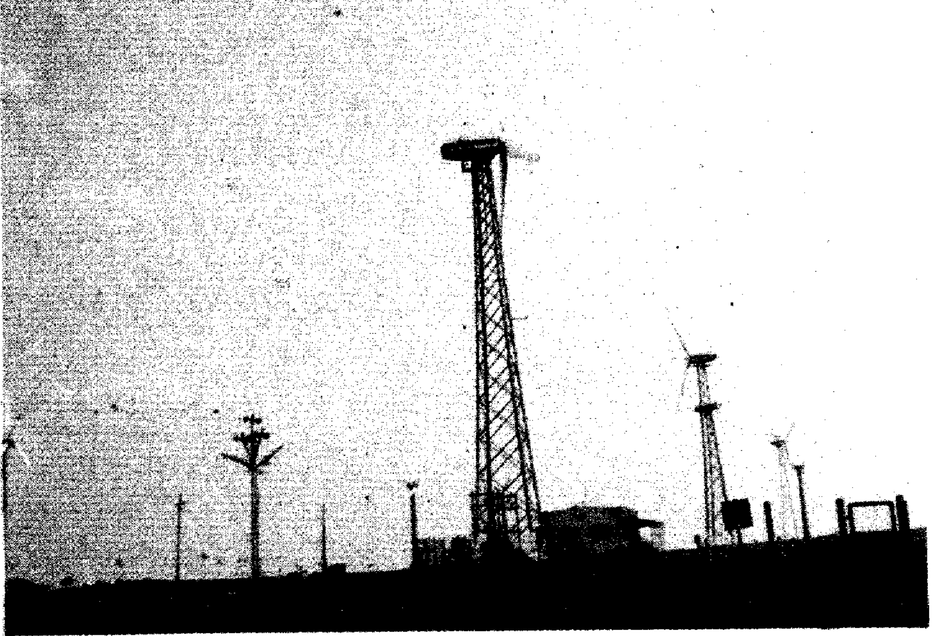
II. தங்கள் நிலத்தில் காற்றாலைப் பண்ணை அமைத்து ஆற்றலை அறுவடை செய்வதற்காகவும், மேய்ச்சலுக்காகவும் உடைமையாளருக்கு உரிமைத் தொகை கிடைக்கும்.



VIII. காற்று டர்பைன்களுக்கு அதிக நிலப்பரப்பு தேவைப்படுவதில்லை.



IX. டென்மார்க்கில் உள்ள ஸ்கை ரிவர் காற்றாலைப் பண்ணை. இதில் 27 முதல் 225 கிவா பிட்ச் கொண்ட காற்று டர்பைன்கள் 342 உள்ளன.



X. டியோகார்டில் கடற்கரை ஓரத்தில் உள்ள, ஆற்றல் உற்பத்தி செய்யும் காற்றாலைகளின் தொகுதி. இதுதான் மகாராஷ்டிராவில் கிரிட் அமைப்புடன் இணைக்கப்பட்ட முதல்காற்றுப் பண்ணை. இதில்

நிறைய நன்மைகள் உள்ளன என்பதையும் உணர்வோம்.

1. அது சுத்தமானது: காற்றிலிருந்து ஆற்றலைப் பெறும்போது, காற்று மாசுபடும் தொல்லைகள் ஏதுமில்லை; அமில மழை, நிலத்தடி கனிவளங்கள் தீர்ந்து போதல், அல்லது நச்சு மாசுகள் போன்றவை ஏற்படுவதில்லை; பல ஹெக்டேர் நிலங்களை நாசமாக்குவதும் இல்லை. மனிதன் வாழும் சுற்றுச் சுழலுக்கு காற்று ஆற்றலை மாற்றும் அமைப்புகள் மிகவும் ஏற்றவை ஆகும். கரியமில வாயுவின் வெளிப்பாட்டைக் குறைப்பதற்கு இருக்கும் ஒருசில தொழில்நுட்ப வாய்ப்புகளில் காற்று ஆற்றலும் ஒன்றாகும். நச்சுத்தன்மை உடைய வாயுக்கள் ஏதுமில்லாததால் பசுமை மனை விளைவு போன்ற சுற்றுப்புறச் சூழல் அபாயங்கள் ஏதுமில்லை. இதனால் காற்று ஆற்றலானது, மின்சாரத்தை உற்பத்தி செய்வதற்காக நன்கு ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்ட வழியாகும். இந்த வகை புதுப்பிக்கப்படக்கூடிய ஆற்றல், அமில மழை மற்றும் பூமி சூடாவது போன்றவற்றை எதிர்த்து போர்க்கொடி உயர்த்துவதில் பெரிதும் துணைபுரிய முடியும்.

2. அது தீர்ந்து போகாதது: காற்று மிகவும் எளிதாகக் கிடைப்பதாகவும் தீர்ந்து போகாததாகவும் உள்ளது. ஆனால் புதைபடிவு எரிசக்தி வளங்களின் இருப்பு ஓரளவுதான். புதைந்து கிடைக்கும் மக்கிய எரிசக்தி வளங்களைத் தோண்டி எடுக்கும் முயற்சிகள் தொடர்ந்துகொண்டே இருக்கின்றன. ஆனாலும், வளர்ந்து கொண்டே வரும் தொழில் வளம் மிகுந்த நாடுகள் மற்றும் மூன்றாம் உலக நாடுகளின் தேவைகளின் காரணமாக, இந்த ஓரளவே உள்ள உயர்தர சக்தி வளங்கள், நிச்சயமாக எதிர்காலத்தில் முற்றிலும் தீர்ந்து போகும். இந்த சிக்கலில் இருந்து மீளுவதற்கு காற்று ஆற்றல் சிறந்ததொரு தேர்வாகத் தெரிகிறது. ஏனெனில் இது புதுப்பிக்கக்கூடிய வளமாகும். காற்று எப்போதும் சூரிய சக்தியினால் மீண்டும் மீண்டும் ஆற்றல் பெற்று வருகிறது.

3. அது தடையின்றிக் கிடைக்கக் கூடியது: காற்று இலவசமாகவும், அளவிடற்கரியதாகவும், மிக எளிதாகவும் கிடைக்கிறது. அது தீர்ந்து போகாதது என்பது மட்டுமல்லாமல் அது கிடைப்பதில் எந்தவித இடையூறும் இல்லை. எந்த ஒரு நாடு அல்லது வணிகமும் காற்றின் மீது கடுமையான கட்டுப்பாடு விதிக்க முடியாது. ஆனால் எண்ணெய், எரிவாயு அல்லது அணுசக்தி எரிபொருளான யுரேனியம் ஆகியவற்றின் மீது பல வணிகக்கட்டுப்பாடுகள் உள்ளன. ஆற்றல் தேவை அதிகரித்துக் கொண்டே இருக்கும்பொழுது கச்சா எண்ணெயின் விலையும் உயர்ந்துகொண்டே இருப்பதால் கையிலேயே இருக்கும் கவர்ச்சிகரமான மாற்று ஆற்றல் காற்று ஆற்றலாகும்.

4. அது பாதுகாப்பானது: காற்று ஆற்றல் அமைப்புகள் மிகவும் பாதுகாப்பாக இயங்கக்கூடியவை. மிகுந்த முன்னேற்றமடைந்த மைக்ரோ ப்ராசசர்களின் (micro processor) அறிமுகத்தினால், இந்த அமைப்புகள் முழுவதும் தானியியங்கியாக செயல்படுவதுடன், இவை இயங்குவதற்கு அதிக தொழிலாளர் தேவையும் இருக்காது. பராமரிப்பு மற்றும் நிறுவும் அடிப்படையிலும் இவை பாதுகாப்பானவை. வெப்பமின் நிலையங்கள் மற்றும் அணுமின் நிலையங்கள், இது போன்ற பாதுகாப்பானவை அல்ல. சமீப கால காற்றாலைகளில் உள்ள பயனுள்ள பாதுகாப்பு முறைகள், அவற்றைப் பொது இடங்களிலும் நாச விளைவுகள் ஏதுமின்றி நிறுவிட முடியும்.

5. காற்றாலைகளுக்கு அதிக இடம் தேவைப்படாது: காற்று ஆற்றல் அமைப்புகளுக்கு மற்றவற்றைவிட குறைவான இடமே தேவைப்படுகிறது. காற்று சூழ்நிலைகள் சாதகமாக உள்ள இடங்களில் அவை நிறுவப்படலாம். உதாரணத்திற்கு, ஒரு மலையின் உச்சியிலோ, சமவெளிப்பிரதேசத்திலோ, காடுகளிலோ அல்லது பாலைவனத்திலோ கூட அவற்றை நிறுவலாம். ஆலைகளை கடற்பரப்பில் அதிக ஆழமில்லாத இடங்களில்கூட நிறுவலாம். காற்று இயந்திரங்களை விவசாயப் பரப்பினில் நிறுவினால், அவற்றின் கோபுரத்தின் அடியிலேயே விவசாயப் பணிகளை மேற்கொள்ளலாம்.

6. அவற்றை எளிதாகக் கட்டலாம்: காற்றாலைப் பண்ணைகள் தனித்தனியான அமைப்புகளைக் கொண்டிருக்கும். அவற்றை அணி அணியாக வேகமாக கட்டலாம். இதனால் திட்டமிடுதல் இலகுவாகிறது. முழுப் பண்ணையையும் கட்டி முடிப்பதற்கு முன்பே, அதில் இட்ட மூலதனம் மிகவேகமாக திரும்பத் தொடங்குகிறது. தேவையின் தீவிரத்தைப் பொறுத்து அவற்றை வேண்டியபோது அதிகப்படுத்தலாம்; ஒன்றுக்கொன்று அருகருகே அமைந்ததாகவோ அல்லது நாடு முழுவதும் பரவியவாறோ அமைக்கலாம்.

7. அவை குறைந்த பராமரிப்பு கொண்டவை: காற்று இயந்திரங்கள் எளிமையானவை; எளிதில் இயக்கக் கூடியவை. எனவே, மற்ற எரிசக்தி வளங்களின் அமைப்புகளோடு ஒப்பிடும் போது குறைந்த பராமரிப்புதான் தேவை.

8. காற்று ஆற்றல் சிக்கனமானது: காற்று, இலவசமாகக் கிடைப்பதால் எரிபொருள் விலை உயர்வினால் பணவீக்கம் ஏற்படும் அபாயமில்லை. காற்று ஆற்றல், பணத்தையும் எரிசக்தி யையும் மிச்சப்படுத்துகிறது. ஆகையால் காற்றுஆற்றலில் இட்ட பணம் நல்லதொரு முதலீடு. இன்று உலகத்தின் பலபகுதிகளில்

எங்கெங்கு காற்று வளம் நிறைந்திருக்கின்றதோ, அங்கெல்லாம் காற்று ஆற்றலானது, எண்ணெய் அல்லது அணுசக்தி வளங் களுடன் மின்சாரம் தயாரிப்பதில் போட்டியிட்டு வருகிறது. ஏனெனில், வழக்கத்திலுள்ள சக்தி வளங்களை உருவாக்குவதற்கு ஏற்படும் செலவுகள் அதிகரித்துக்கொண்டே வர, காற்று சக்திக்காக ஏற்படும் செலவுகளோ குறைந்துகொண்டே வருகின்றன. காற்று டர்பைன்களின் அதிகரித்துள்ள நம்பகத்தன்மை, எதிர்காலத்தில் மேன்மேலும் பல இடங்களில் காற்று ஆற்றல் குறைந்த செலவுடையதாகவும், மற்ற வகை சக்திகளுக்கு கவர்ச்சிகரமான மாற்றாகவும் அமையும் என்பதற்கு சிறந்ததொரு சான்றாகும்.

இந்த நன்மைகளைத் தவிர, காற்று ஆற்றல் சில குறைகளையும் கொண்டுள்ளது. அவை பின்வருமாறு:

1. அது விலை உயர்ந்தது, மாறும் இயல்புடையது: காற்று இயந்திரங்கள் விலை உயர்ந்தவை; மேலும், அவற்றைப் போதுமான காற்று உள்ள இடங்களில் மட்டுமே அமைக்க முடியும். இது போன்ற அதிகக் காற்று உள்ள இடங்கள் எளிதில் அணுகமுடியாத படி இருக்கலாம். அல்லது, அங்கு காற்றால் உற்பத்தி செய்த ஆற்றலை வெளியிடங்களுக்கு கொண்டு செல்லத் தேவையான அதிக வோல்டேஜ் மின்கடத்திக் கம்பிகள் அருகே இல்லாமல் போகலாம். மேலும், மின்சக்தியின் தேவை நேரத்திற்கு ஏற்றாற் போல் வேறுபடுகிறது. அதனால் மின்சார உற்பத்தி, தேவையைப் பொறுத்ததாக இருக்க வேண்டும். காற்று ஆற்றல் எதேச்சையான வகையில் மாறுவதால், தேவையானபொழுது அது கிடைக்காமல் போகலாம். காற்று ஆற்றலில் எற்படும் இந்த நடைமுறை சிக்கல் அடிக்கடி நின்றுவிடக்கூடிய, நம்பகத்தன்மை அற்ற மின்சக்தியைத் தரும். இதனால் காற்று ஆற்றலானது, தொடர்ச்சியாக சக்தி தேவையில்லாத இடங்களில் அல்லது தேவைப்படும்போது இட்டு நிரப்பக்கூடிய வேறொரு நிரந்தர சக்தி இருக்கும் இடங்களில் மட்டுமே பயன்படும். மின்சார சக்தியினைத் தேக்கி வைப்பது கடினமானதும், செலவு மிக்கதும் ஆகும். ஆகையால் காற்று ஆற்றலை, மற்ற மின்சக்தி தயாரிக்கும் முறைக்கு சமமாகவோ அல்லது, மின்சாரமல்லாத வேறு முறையில் சக்தியினை தேக்கி வைக்கவோ வேண்டும். காற்று ஆற்றலை நீர்மின் நிலையங் களுடன் இணைப்பது லாபகரமாக அமையும். ஏனெனில் தண்ணீர் மூலம் சக்தியினை தேக்கி வைக்கலாம். அதே போல, நிலத்தடியில் அழுத்தப்பட்ட காற்று மூலமாகவும் ஆற்றலைத் தேக்கி வைக்கலாம்.

2. சில சுற்றுச்சூழல் சிக்கல்கள் உள்ளன: அ. மின்காந்த இடையூறுகள்—காற்று மின்நிலையங்கள் மின்காந்த சிக்னல்களை

வெவ்வேறு திசைகளில் பிரித்துவிடும். படுக்கைவச-அச்சு காற்று டர்பைன்களின் சுழலும் இறக்கைகள் தொலைக்காட்சி வீடியோ சிக்னலில் குளறுபடிகள் ஏற்படுத்துவதுடன் இந்த இயந்திரங்களுக்கு அருகில் இருக்கும் தொலைக்காட்சிப் பெட்டிகள் பெற்றுவரும் சிக்னலில் இடையூறுகள் ஏற்படுத்தும். இந்த இயந்திரங்களை விட்டு தொலைவில் செல்லச்செல்ல, இவற்றால் ஏற்படும் இடையூறுகள் குறையும் என்றாலும், பல கிலோமீட்டர் தூரத்திலும், யு.எச்.எப் அலைவரிசைகளில் பாதிப்புகள் இருக்கத்தான் செய்கின்றன. தகடுகள் சுழலாமல் இருக்கும்பொழுது, அவற்றின் மேல் மோதிடும் சிக்னல்கள் தொலைக்காட்சியில் நிழல் உருவங்களை உண்டு பண்ணுகின்றன. சரியான சிக்னலை அனுப்புவதன் மூலம் மைக்ரோவேவ் தொடர்புகளுக்கிடையே பார்வைக்கோடினை தவிர்ப்பதன் மூலமும், சிக்னலை அனுப்பும் நிலையங்களுக்கு இடையே உள்ள தூரத்தைக் குறைப்பதன் மூலமும் இந்த சிக்கலைக் குறைக்கலாம். (ஆ) இரைச்சல்—பல முன்னேறிய நாடுகளில் காற்றாலைகளில் ஏற்படும் இரைச்சல் காற்று ஆற்றலுக்கு எதிரான தொரு விஷயமாகி விட்டது. காற்று இயந்திரத்தில் இந்த வேண்டாத இரைச்சல் உருவாவதற்கு இரண்டு காரணங்கள் உள்ளன. முதலாவது, சுழலும் இயந்திர மற்றும் மின்சார பாகங்களில் இருந்து ஏற்படும் இயந்திர இரைச்சல்; இதனை பொருத்தமான கியர் அமைப்புகள் மற்றும் இரைச்சல் வெளி வராமல் தடுக்கும் மூடி அமைப்புகள் கொண்டு ஓரளவுக்குக் குறைக்கலாம். மற்றொன்று, காற்று இயக்கவியல் சப்தம். இது காற்றானது இறக்கைகளின்மீது மோதும்பொழுது உண்டாகும் ஒருவிதமான 'ஷ்ஷ்' என்ற வெவ்வேறு அலைவரிசைகளைக் கொண்ட சப்தம். (இ) வன உயிர்கள்—பறவைகளை, குறிப்பாக புலம்பெயரும் பறவைகளை காற்று இயந்திரங்கள் பாதிப்பதாக இயற்கையை நேசிப்பவர்களும், இயக்கங்களும் கூறுகிறார்கள். ஆனால் புள்ளி விவரப்படி, பறவைகளின் மோதல்கள் குறைந்த உயரத்தில்தான் விளைவதாகவும், அவ்வாறு மோதும் பறவைகளின் எண்ணிக்கையும் குறைவே என்பதும் நிரூபிக்கப்பட்டுள்ளது. (ஈ) அழகம்சம்—காற்று டர்பைன்கள் நிலத்தின் காட்சியில் குறிப்பிடத் தக்க மாற்றத்தினை விளைவிக்கின்றன என்பது மறுக்க முடியாதது. உயரமான கோபுரங்கள் எழுப்பப்படுவதால் இயற்கை அழகை பாதிப்பதாக உள்ளது. (முன்னேறிய நாடுகள் இதை முக்கியமான தாகக் கருதுகின்றன; வளர்ந்துவரும் நாடுகளோ இதனை முன்னேற் றத்தின் அறிகுறியாகக் கருதுகின்றன). இவை மட்டுமல்லாமல், குறைந்த உயரத்தில் விண்ணில் பறத்தல், ரேடார் தொடர்புகள், ஏனைய தொலைத்தொடர்பு முறைகளையும் இது பாதிக்கிறது.

காற்றுக்கு மாற்று

மற்ற ஆற்றல்களுடன் சேர்ந்து செயல்பட சிறந்ததொரு ஆற்றலாகவும் அவற்றுக்கு மாற்றாகவும் காற்று ஆற்றல் செயல்பட முடியும் என்பதை உணரலாம். கிரிட் அமைப்பு அருகிலேயே இருந்தால், எளிதாக மின்சாரத்தைப் பெறலாம். காற்றுவளம் போதுமானதாக இருக்கும் இடங்களில், காற்று சூழ்நிலைகளுக்கு ஏற்றவாறு பயன்பாடுகளை திருத்தி அமைப்பதன் மூலம், காற்று ஆற்றலை பொருளாதார ரீதியாகவும் நல்ல ஒரு மாற்றாக அமைந்திட முடியும். நீர்மின் நிலையங்கள் மலைப்பிரதேசங்களில் அதிக மழை இருந்தால் மட்டுமே பொருந்திவரும். ஆனால் மிகவும் ஒதுக்குப்புறமான இடங்களில், ஆற்றலின் தேவை குறைவாக இருப்பதால் அவை பொருந்தி வராது. ஒளிமின்சக்திக் கலங்கள் காற்று ஆற்றலுக்கு மற்றொரு மாற்றாகும். ஆனால் அவை விலை உயர்ந்தாக இருப்பதால், காற்று ஆற்றலே குறைந்த செலவில் கிடைக்கக்கூடியது. ஆனால் காற்று ஜெனரேட்டர்கள் மற்றும் ஒளிமின்சக்திக் கலங்கள் கொண்டதொரு கலவை அமைப்பு மிகச்சிறந்த முடிவுகளைப் பெற்றுத்தர முடியும்.

மரம் மற்றுமொரு மாற்று வளம் ஆகும். ஆனால் அதை இனி ஒருபோதும் ஆற்றல் வளமாகக் கொள்ளக்கூடாது. காற்று ஆற்றலை மட்டும் தனியொரு மாற்று வளமாகக் கொள்வதைவிட, காற்று ஆற்றலை, ஏனைய ஆற்றலை வளங்களில் சரியான தொன்றுடன் இணைத்தால் சிறப்பாக அமையும். ஏனெனில் இந்த வகையான காற்று ஆற்றல் மின்சாரம் தயாரிப்பதற்கு மேலும் சிறப்பான முறையில் உதவிட முடியும்.

4

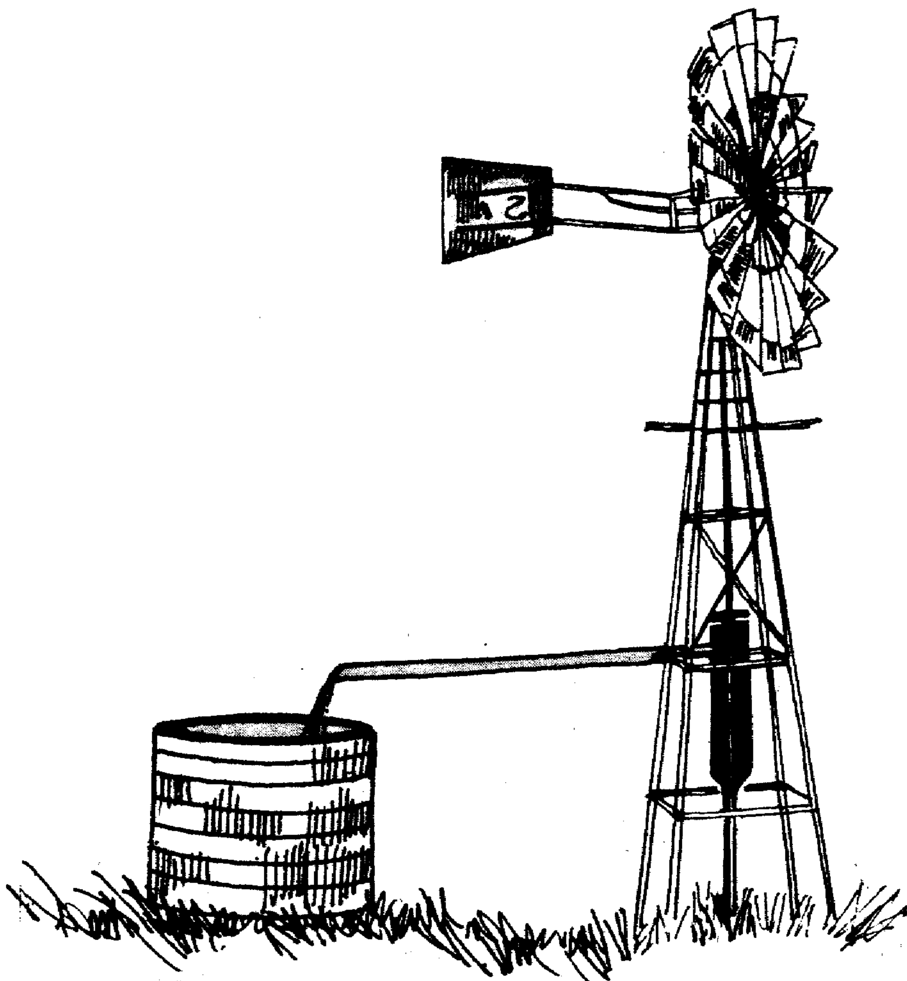
காற்று ஆற்றலின் பயன்பாடுகள்

பழங்காலத்தில் மனித ஆற்றலின் இடத்தில் காற்று ஆற்றலும், நீரின் ஆற்றலும் பயன்படுத்தப்பட்டன. கப்பல்கள் பெருங்கடல் களைக் கடக்கவும், காற்றாலைகள் அரைத்தல் போன்ற தொழில் களைச் செய்யவும், தேவையான ஆற்றலை காற்று தந்தது. இன்று மின்சாரம் உற்பத்தி செய்யவும் பயன்படுகிறது. காற்று ஆற்றலை இயந்திர ஆற்றலாக மாற்றும் இயந்திரத்திற்கு காற்றாலைகள் என்றும், மின்சக்தியாக மாற்றும் இயந்திரத்திற்கு காற்று ஜெனரேட்டர் அல்லது காற்று சக்தி மாற்றும் அமைப்பு (Wind Energy Conversion System–WECS) என்றும் அழைக்கலாம்.

நீரேற்றுவதற்கான காற்றாலை இயந்திரம்: வீட்டு உபயோகத் திற்கான நீர் வழங்கும் காற்றாலையை வழக்கத்திலுள்ள காற்றாலை யிலிருந்து வேறுபடுத்திக் காட்டுவதற்காக அவை சில சமயங்களில் 'காற்று என்ஜின்' என்று அழைக்கப்பட்டன. முதன் முதலில், 19ஆம் நூற்றாண்டின் இறுதியில் கட்டப்பட்ட இவை மரத்தினால் அமைக்கப்பட்டு, எளிதான கைப்பிடி அமைப்பு மூலமாக காற்று பம்புகளைக் கொண்டு செயல்பட்டன. இவை, ஆறுகள், ஓடைகள் மற்றும் குளங்கள் போன்றவற்றிலிருந்து விளைநிலங்களுக்கு நீரை ஏற்றுவதற்கு பிரிட்டனில் பயன்படுத்தப்பட்டு வந்தன. இருந்தாலும், மின்சார வினியோகம் பரவியதாலும், கிராம நீர்வினியோக வசதிகள் ஏற்பட்டதாலும், இன்று இவற்றில் ஒருசில மட்டுமே மிஞ்சியுள்ளன.

அமெரிக்கா, ஆஸ்திரேலியா மற்றும் தென் அமெரிக்க நாடுகளில் மிகக்குறைவான மக்கள் தொகையுடைய இடங்களில் பல்லாயிரக்கணக்கான காற்றாலை பம்புகள் இன்னமும் பயன் படுத்தப்பட்டு வருகின்றன. அதன் அடிப்படை வடிவமைப்பில் ஒரு சக்கரமும், அதில் ஏறக்குறைய ஒன்றையொன்று ஒட்டிக் கொண்டிருக்கிற இருபது இறக்கைகளும், பேரிங்குடன் இணைக்கப் பட்ட ஒரு நீள்உருளையுடன் சேர்ந்து இருக்கும். மூன்றிலிருந்து

நாலேகால் மீட்டர் வரை விட்டமுடைய சக்கரமும், காற்றாலை யின் தலைப்பகுதியும், 7.5 மீட்டர் உயரம் உடைய இரும்பு சட்டங்களால் ஆன கோபுரத்தின் உச்சியில் இருக்கும். காற்று நீள் உருளை, வேகம் குறைக்கும் கியர் அமைப்புகள் மூலமாக கைப்பிடி அமைப்பினை உந்துகிறது. இணைக்கும் உருளைகள் தலைப்பகுதியை செயல்படுத்தக்கூடியன. அதனுடன் பம்பு உருளைகள் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. முழு தலைப்பகுதியும் கோபுரத்தின் தலைப்பகுதியில் உள்ள ஒரு குழாயைச் சுற்றி வலம் வரும் வகையில் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. அந்தக் குழாய் வழியாகத் தான் பம்பு உருளை செல்லுகிறது, கீழ் இணைப்பும் கம்பிச்சுருள்

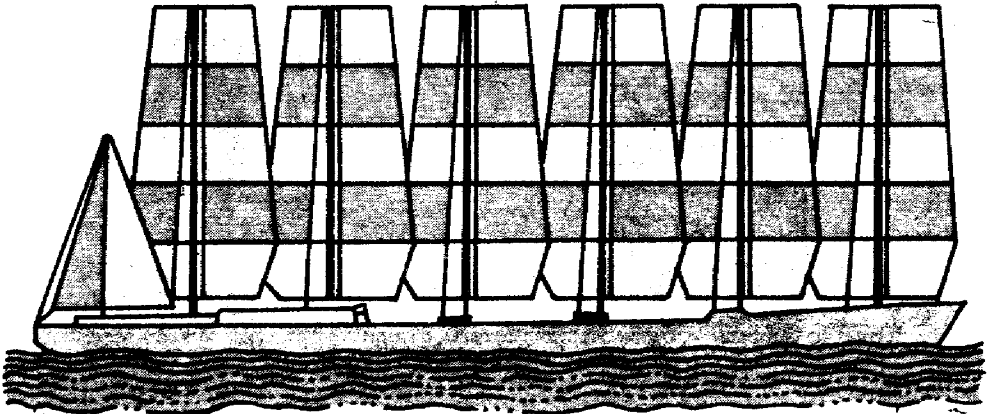


படம் 24. காற்றை அதன் மிக அதிக வேகத்தில் பிடிப்பதற்காக, தென்ஆப்பிரிக்காவில் நீரேற்றும் காற்றாலை மலைமீது அமைந்துள்ளது. காற்று அமைதியாக வீசும் காலங்களில் தேக்கும் தொட்டி தேவை.

(ஸ்பிரிங்) அமைப்பும் சக்கரம் காற்றில் சுழல உதவுகின்றன. ஆனால் காற்றின் வேகம் மணிக்கு 40 கி.மீ என்ற வேகத்தை தாண்டினால் இந்த அமைப்பு சக்கரத்தை நகர்த்தி வேகத்தைக் கட்டுப்படுத்துகிறது. கோபுரத்தின் அடிப்பகுதியின் வின்ச் ஒன்றுடன் இலேசானதொரு சங்கிலி இணைக்கப்பட்டு இருக்கும். இதன் உதவியால் விவசாயி, வால் பகுதியினை ஒரு கோணத்தில் திருப்புவதன் மூலம் சக்கரம் சுழல்வதை தொடங்கவோ நிறுத்தவோ முடியும்.

நிலத்தடி நீரின் அளவு நில மட்டத்திலிருந்து 10 முதல் 100 மீட்டருக்கும் கீழே உள்ள வறண்ட நாடுகளில், துளைக்கிணறு இட்டு அதன் மேலே காற்றாலை நிறுவப்படலாம். கீழ்ப்பகுதியில் மாறிடும் பம்ப் உருளை அமைக்கப்படும். (படம் 24). இப்படிப்பட்ட அமைப்பு வீட்டு உபயோகத்திற்கோ அல்லது சேமிப்பிற்காகவோ ஒரு தொட்டியில் தண்ணீரை நிரப்பிடும். காற்றாலையில் நீரேற்றும் கருவிகள் மணிக்கு 40 கிலோமீட்டர் வேகத்தில் வீசும் காற்றால் உந்தப்படும் பொழுது ஏறக்குறைய 0.5 குதிரைசக்தி (375 வாட்கள்) உண்டாகிறது. (ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில், ஏற்றப்பட்ட தண்ணீர் எடை மற்றும் தண்ணீர் ஏற்றப்படும் உயரம் ஆகியவை பெருக்கப் பட்டு வரும் விடையே இங்கு ஹார்ஸ்பவர் எனப்படும். தவிர, காற்று சக்கரத்தில் நீள்உருளையில் உருவாக்கப்படும் சக்தி அல்ல)

சரக்குக் கப்பல்களுக்கு காற்றின் ஆற்றல்: 1900களின் தொடக்கத்திலிருந்தே பாய்மரக் கலங்களின் உல்லாசக் கப்பல் களைத் தவிர ஏனையவற்றைப் பற்றிய ஆராய்ச்சி மிகவும் மெதுவாகவே நடந்துவருகிறது. விலை குறைந்த புதைபடிவு எரிசக்தி



படம 25. மிச்சிகன் பல்கலைக்கழகத்தின் இந்த வடிவமைப்பில், சுழலும் பாய்மரத்திற்கு பதிலாக முவ்வக பாய்மரம் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது.

வளங்கள் நிலையான ஆற்றலைத் தரமுடிந்ததாலும், கப்பல்கள் புறப்படும் நேரம் மற்றும் சேரும் நேரத்தில் ஒரு நம்பகத்தன்மை உண்டானதாலும், இரண்டாம் உலகப்போரின் முடிவில், பெரிய பெரிய பாய்மரக் கப்பல்களின் காலமும் ஒரு இறுதி முடிவை அடைந்தது. நவீன சக்தியுடைய கலங்களின் செயல்பாட்டுக்கான மொத்த செலவுகளில் 20லிருந்து 30 சதவீதம் எரிசக்திக்காக செல்கிறதெனக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. அந்த எரிசக்தியோ உலகத்தின் மொத்த எண்ணெய்த் தேவையில் 5 முதல் 8 சதவீதம் வகிக்கிறது. 1970களில் ஏற்பட்ட ஆற்றல் தேவைகளுக்கான ஆபத்தான காலகட்டத்தில்தான் காற்றின் ஆற்றலில் இயங்கும் கப்பல்கள் மேல் ஆர்வம் ஏற்பட்டது. ஜப்பான், ஜெர்மனி மற்றும் அமெரிக்காவில் காற்று ஆற்றலைப்பற்றி ஆராய்ச்சிகள் அதிகரிக்கப்பட்டன. ஒருசில சோதனைக்கலங்களும் உருவாக்கப் பட்டன. பாய்மரங்களின் சக்தி, எரிசக்தி வளங்களை மிச்சப் படுத்துவது மட்டுமல்லாமல், சுற்றுப்புறச் சூழல் பிரச்சினைகள் எதனையும் உருவாக்காததால், கவர்ச்சியானதொரு மாற்றாக அமைகிறது. கப்பல்களின் மொத்த எண்ணெய்த் தேவை 10 முதல் 20 சதவிகிதம் குறைந்தால், சரக்குக் கப்பல்களால் ஏற்படும் போக்குவரத்து செலவுகளில், ஆண்டுக்கு 5.5 மில்லியன் டாலர்கள் வரை மிச்சப்படுத்த முடியும் என்று கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. காற்று ஆற்றலுக்கு மற்றொரு சாதகமான விஷயம் இந்தத் துறை பற்றிய அறிவு ஏற்கெனவே நிறைய உள்ளது என்பதாகும். 1900களின் தொடக்கத்திலேயே கப்பல்கள் மிகவும் வளர்ந்த நிலையை எட்டின. இந்த அறிவானது திரும்பப் பெறக்கூடிய ஒன்று. இதனுடன் நிலத்திலுள்ள காற்று இயந்திரங்களின் தொழில் நுட்பத்தையும் சேர்த்துக் கொள்ளலாம். எதிர்காலத்தில் காற்று ஆற்றலினால் இயங்கும் கப்பல்கள், பாய்மரப் பொருட்கள், நாற்றம் ஏற்படாமல் தடுக்கும் இரசாயனங்கள், துணை நிற்கும் மின்சார இயந்திர மற்றும் கட்டுப்படுத்தும் உபகரண பாகங்கள் போன்றவற்றின் முன்னேற்றங்களால் ஏற்படும் நன்மைகளையும் பெறும். மேலும் வானிலைக் கணிப்புகள், கப்பல் மற்றும் கடற்கரைக்கு இடையே தகவல் தொடர்பு போன்றவற்றில் ஏற்பட்டுள்ள பெரிய முன்னேற் றங்கள் காற்று ஆற்றலை சிறந்த வழியில் பயன்படுத்த உதவிடும், வழிமுறைகளை இட அடிகோலிடும் என்பதை சொல்லவும் வேண்டுமோ?

ஜெர்மனியில்,' ஹேம்பர்க் எனுமிடத்தில் உள்ள 'இன்ஸ்டியூட் ஃபர் ஸ்ஷிஃப்பாவ்-இல் சமீபத்தில் கப்பல் தொழில்நுட்பத்தில் மிகுந்த முன்னேற்றம் அடைந்த ஆராய்ச்சிகள் நடந்தேறின. பல்வேறு வகைக் கட்டிட அமைப்புகள் காற்றுக்கால்வாய்களிலும்,

கப்பல்களை நிறுத்திகட்டப்படும் தொட்டிகளிலும் சோதனைகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன.

நாளைய காற்று ஆற்றல் கப்பல்களில் பாய்மரங்களை அமைத்தல் (அல்லது காற்றை வாங்கிக்கொள்ளும் வேறொரு அமைப்பு) பற்றி பல்வேறு கருத்துக்கள் உள்ளன. கப்பல் வடிவமைப்பாளர்கள் மற்றும் பொறியியல் வல்லுனர்கள் சென்ற ஒரு நூற்றாண்டில் வெற்றிகரமாக அமைந்த கப்பல்களை அலசிப் பார்த்து அவற்றிலிருந்து சிறந்த ஒன்றைத் தேர்ந்தெடுக்க முயன்றனர். சோதிக்கப்பட்ட வடிவமைப்புகள், பழையவற்றின் பல அம்சங்களைக் கொண்டிருந்தாலும், புதிய வடிவமைப்புகள் அவற்றிலிருந்து வெகுவாக வேறுபட்டிருந்தன. ஒரு சில வடிவமைப் புகளில் கண்காணிக்கும் அமைப்புகளும், கட்டுப்படுத்தும் அமைப்புகளும் முழுதுமாகக் கொண்ட சுழலும் பாய்மரங்கள் அமைக்கப்பட்டிருப்பதாக கற்பனை செய்யப்பட்டுள்ளது (படம் 25).

மின்சார உற்பத்திக்கு காற்று ஆற்றல்: காற்று ஆற்றல் மின்சார ஆற்றலாக மாற்றப்படும் பொழுது பலதரப்பட்ட பயன்கள் உள்ளன. காற்று டர்பைன்களின் வருகை, மின்சார உற்பத்தியில் பெரியதொரு புரட்சியை ஏற்படுத்தியுள்ளது. அவற்றின் சிறந்த சக்தித் திறனும் எளிமையும்தான் அதற்குக் காரணம். மின்சாரத் தேவைகள் வரும் ஆண்டுகளில் அதிகரிக்கக் கூடியதால், உலகத் தேவைகளை ஈடுகட்டுவதற்கு காற்று ஆற்றலே சிறந்ததாக அமையும். வீட்டு உபயோகம், விவசாயம், வியாபாரம் மற்றும் தொழிற்சாலை தேவைகளுக்கு மின்சாரம் வழங்குவதற்கு பெரிய அளவில் காற்று சக்தி அமைப்புகள் நிறுவ முடியும். சிறியதொரு காற்று விசையாழியால் பேட்டரிக்கு மின்சக்தி ஊட்ட, காற்று ஜெனரேட்டர் நன்றாக வடிவமைக்கப்பட்டு நன்கு பராமரிக்கப் பட்டால், ஓரளவுக்கு வெற்றிகரமாக செயல்படக்கூடும். அது போதுமான உயரமுள்ள கம்பத்தில் அமைக்கப்பட்டு, நிலையான காற்றுள்ள இடத்தில் மின்சாரத் தேவைகளின் அருகிலேயே அமைய வேண்டும்.

பெரிய அமைப்புகளுக்குத் தேவையான காற்றின் ஆற்றல் தொடர்ச்சியான, சுழல்விசிறி போன்ற காற்றாலைகள் ஜெனரேட்டர்களை உந்துவதன் மூலம் உருவாக்க முடியும் என்பது பொதுவாக ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்ட உண்மை. இந்த ஆற்றல் ஒரு நெட்வொர்க் அமைப்புக்குத் தரப்படும். இதுபோன்ற காற்றாலைப் பண்ணைகளில் அணிஅணியாக பற்பல காற்று டர்பைன்களால் இணைக்கப்பட்டு இருக்கும். இவை ஒரே உபயோகத்திற்காக செயல்படும். கணிப்பொறிகள் மூலமாக, செயல்பாடுகள் மற்றும்

கட்டுப்படுத்தும் செயல்கள் ஆகியவை ஒரு கட்டுப்படுத்தும் அறையில் ஒருங்கிணைக்கப்படும். பல்வேறு அளவு மற்றும் திறன்களைக்கொண்ட காற்றாலைப் பண்ணைகள் ஏற்கெனவே இந்தியா உட்பட பல்வேறு நாடுகளில் செயல்பட்டு வருகின்றன. டென்மார்க், நெதர்லாந்து, பிரிட்டன் மற்றும் அமெரிக்காவில் மிகவும் நவீன அமைப்புகள் உள்ளன. அமெரிக்காவின் கலிஃபோர் னியாவில் மிகப்பெரிய காற்றாலைப் பண்ணை உள்ளது. அங்கு பல்வேறு திறன்களுடைய 18,000க்கும் மேற்பட்ட காற்று டர்பைன்கள் உள்ளன.

காற்று டர்பைன்களின் உண்மையான உபயோகம் ஒதுக்குப் புறமான அல்லது தனிமையான இடங்களில்தான். அங்கு பயன்பாட்டு கிரிட் அமைப்புகள் அமைப்பது இயலாதவாறோ அல்லது அதிக செலவாகக்கூடியதாகவோ இருக்கும். எடுத்துக் காட்டாக, தீவுகளையும், துருவப் பிரதேசங்களையும் சொல்லலாம். பொதுவாக, காற்று டர்பைன்கள் மற்ற மின்சார உற்பத்தி அமைப்பு களான டீசல் அல்லது ஒளிமின்கலம் (சூரிய சக்தி) நிறுவனங் களுடன் கூட்டாக செயல்படும்.

தற்போது, உலகத்தின் மொத்த மின்சார உற்பத்தியில் காற்று ஆற்றலின் பங்கு மிகக் குறைவுதான். ஆனால், உலகம் முழுவதும் உள்ள அரசாங்கங்கள், புதைபடிவு எரிசக்தி வளங்கள் மற்றும் அணுசக்தி ஆகியவற்றுக்கு மாற்று வளங்களைத் தேடிவருவதால், எதிர்காலத்தில் ஆராய்ச்சிக்காகவும் காற்று ஆற்றலின் பயன் பாட்டுக்காகவும் அதிக அளவு பணம் செலவிடப்படும் என்பதில் எள்ளளவும் ஐயமில்லை. புதைபடிவு எரிசக்தி வளங்களை எரிக்கும் மின் நிலையங்களில் இருந்து வெளியேறும் கரியமிலவாயுவினால் பசுமைமனை விளைவு ஏற்படுவதே இந்த கவலை வளர்ந்ததற்குக் காரணம் ஆகும்.

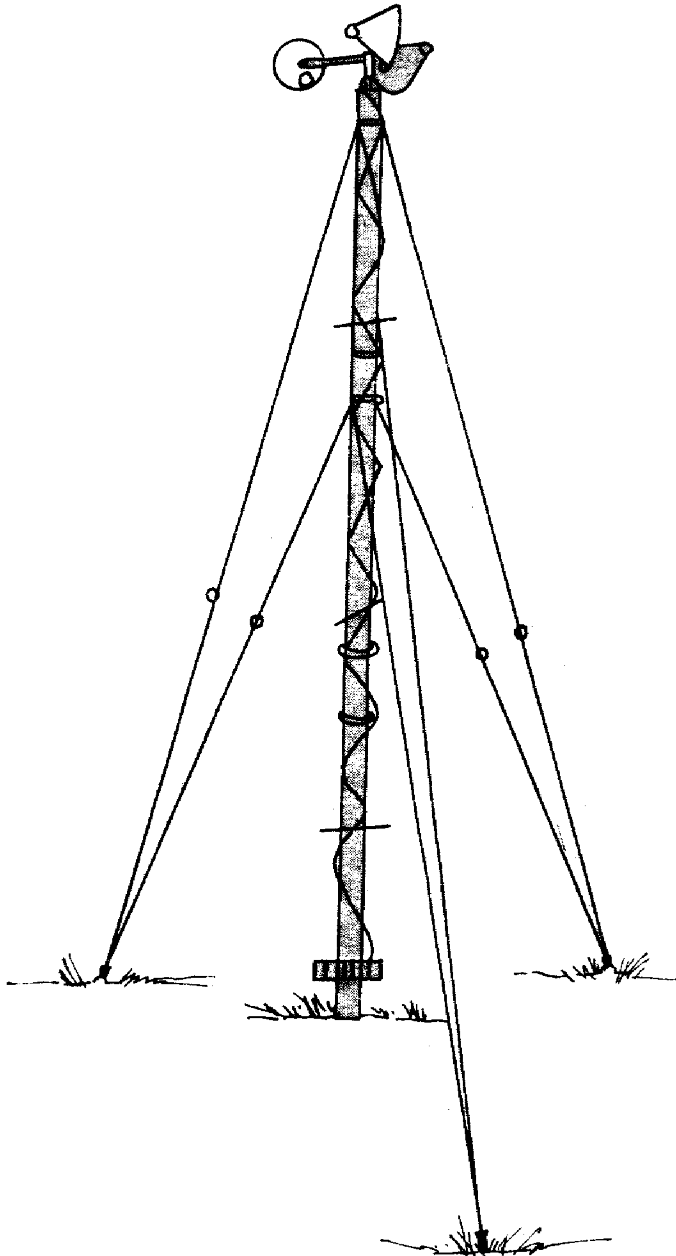
5

காற்று வளங்களை கணித்தல்

காற்று இலவசமாக கிடைத்தாலும், அதிலிருந்து ஆற்றலைப் பெறக்கூடிய வகை அப்படிப்பட்டது அல்ல. காற்று இயந்திரங் களை நிறுவுவதற்கும் அவற்றின் பராமரிப்பிற்கும் நிறைய பணம் செலவாகிறது. ஆகையால், காற்று இயந்திரங்களை நிறுவும் பொழுது, அது அமையும் இடத்தில் வீசும் காற்றின் சக்தியை மிகுந்த கவனத்தில் கொள்ளவேண்டும்.

காற்றின் வேகத்திற்கு ஏற்ப ஆற்றல் அமைவதால், இடையூறுகள் இல்லாத இடமாகவும், மற்ற வழக்கத்திலுள்ள மின் உற்பத்தி முறைகள் பொருளாதார கண்ணோட்டத்தில் பயனற்ற தாகவும் இருக்கும் இடத்தில் காற்று இயந்திரங்கள் அமைய வேண்டும் என்பது கண்கூடு. இந்த அம்சங்களின் கலவையினை அமெரிக்காவின் கலிஃபோர்னியாவில் காணலாம். 1990ஆம் ஆண்டின் இறுதியில் 16,000 காற்று ஜெனரேட்டர்கள், ஏறக்குறைய 1600 மெகாவாட் மொத்தத் திறனுடன் இயங்கிவரும் என்றொரு ஆய்வு கூறுகிறது (பெரியதொரு அணுமின்நிலையம் 1100 மெகா வாட் அளவு மின்சாரம் உற்பத்தி செய்யும் திறனுடையது). இவற்றில் பல இயந்திரங்கள் அணி அணியாக காற்றாலை அமைப்பில் மலைக் கணவாய்களில் அமைந்திருக்கும். காற்றின் வேகத்தைப் போல் மும்மடங்கில், உற்பத்தி செய்யப்பட்ட காற்றின் ஆற்றல் மாறுகிறது. வழக்கத்திலுள்ள படுக்கைவச அச்சு காற்று டர்பைனின் தகடுகளின் மேல் வீசிடும் காற்று செல்லும் பரப்பளவு A எனவும் காற்றின் வேகம் v எனவும், அதன் அடர்த்தி d எனவும் கொண்டால், காற்றின் எடை m = dAv. இந்த அளவு எடையுடைய காற்றின் இயக்க ஆற்றல் சக்தி ½ mv2 = ½d Av2 எனக் கொள்ளலாம். எனவே, அதிக சராசரி காற்று வேகம் கொண்ட இடங்களில் காற்றாலைப் பண்ணை அமைக்கப்பட வேண்டும். நிலத்திற்கு மேல் அதிக உயரம் செல்லச் செல்ல காற்று வேகமும் அதிகரிக்கும். வெற்று வெளிகளிலும் (கடல், பெரிய ஏரி போன்ற இடங்கள்)

காற்று வேகம் அதிகரிக்கும். கட்டிடங்கள், மரங்கள், வேலிகள் அல்லது மற்ற தடை ஏற்படுத்தும் அமைப்புகள் சிறிய இடையூறு ஆயினும், காற்றுக் குறுக்கீடுகள் ஏற்படுத்துவதால் காற்று இயந்திரங் களின் செயல்திறன் குறைந்து போகிறது. ஆகையால் இவற்றுக்கு

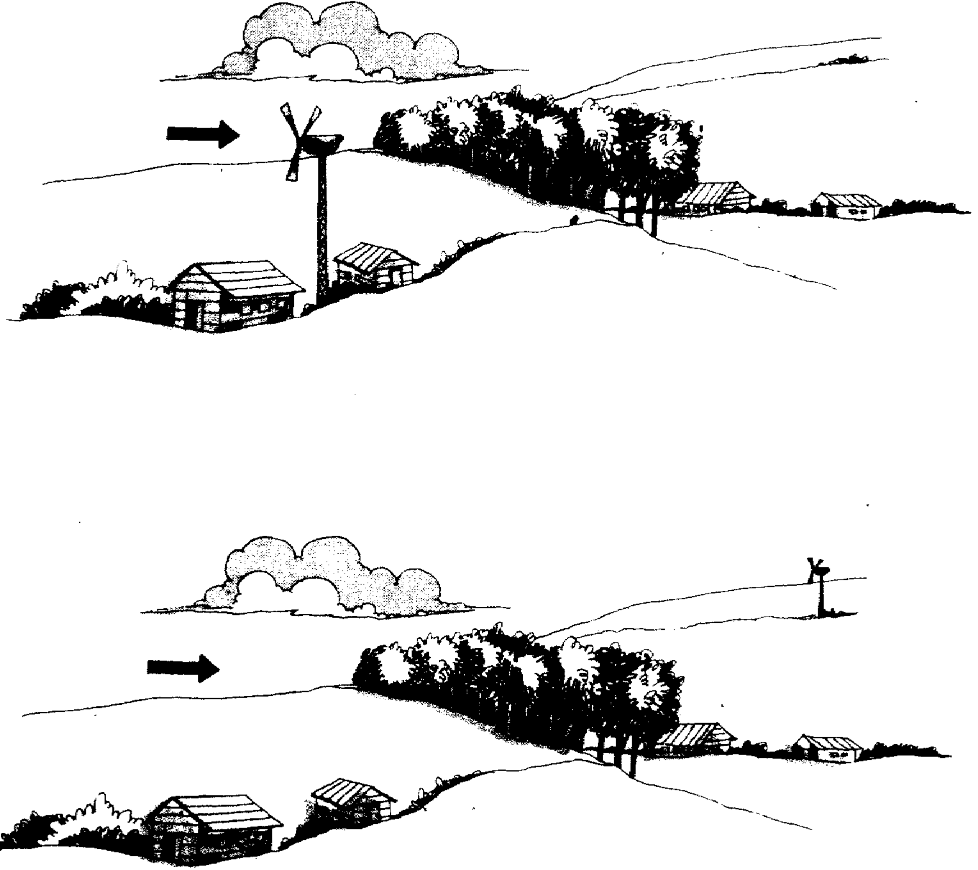


படம் 26. ஒரு கோப்பை வடிவ காற்று வேகமானி (அனிமோமீட்டர்)

தேர்ந்தெடுக்கப்படும் இடம் இடையூறுகள் ஏதுமில்லாததாக இருக்கவேண்டும். மேலும், உயர்ந்த கோபுரங்களையும் பயன் படுத்தலாம்.

காற்றின் மாறும் தன்மை, குறிப்பிட்டுச் சொல்லும்படியான இயல்பாகும். நேரத்திற்கு நேரம், இடத்திற்கு இடம், காலத்திற்குக் காலம் காற்றின் நிலைமை வேறுபடுகிறது. அதனால் காற்று இயந்திரம் வெளியிடும் சக்தியின் அளவும் அதற்கேற்ப மாறுகிறது. காற்று இயந்திரம் அமைந்துள்ள இடத்தில் காற்றின் சக்தியை கணக்கிட நம்பத்தகுந்த வழி, அதன் ஆண்டு சராசரி காற்று வேகத்தை கணக்கிடுதலே ஆகும். ஆண்டு சராசரி காற்று வேகம் என்பதும் ஒரு குறிப்பிட்ட காற்று இயந்திரத்தினால் ஓர் ஆண்டில் உற்பத்தி செய்யப்படும் சராசரி ஆற்றலைக் கணக்கிட உதவும். உதாரணத்திற்கு, ஒரு நொடியில் 3 மீட்டர் என்ற வேகத்தை விட குறைவான வேகமுடன் காற்று வீசும் இடங்கள் பயனற்றவை. நொடிக்கு 3 முதல் 4 மீட்டர் என்ற வேகத்தைவிட அதிகமான காற்று வேகம் உள்ள இடங்களில் பயன்பாடு மற்றும் அங்கு கிடைக்கக்கூடிய ஏனைய வகை சக்திகளின் விலைகளைப் பொறுத்து அந்த இடத்தை தேர்ந்தெடுக்க வேண்டும். காற்று ஆற்றல் வளத்திற்கு நொடிக்கு 6.5 முதல் 8 மீட்டர் வரை வேகம் உடைய இடங்கள் சிறந்தது என கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது.

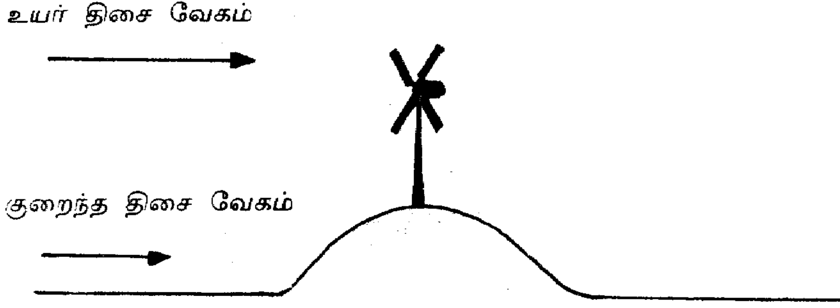
ஆனால் பெரும்பாலும், தகுந்த இடத்தின் வானிலை பற்றிய உடனடித் தகவல்கள் கிடைப்பதில்லை. அருகில் இருக்கும், வானிலை நிலையங்கள் காற்று வேகம் பற்றி ஓரளவு தகவல்கள் தரக்கூடும். அருகில்இருக்கும் (50 கிலோமீட்டர் விட்டத்திற்குள் இருக்கும்) மூன்று அல்லது நான்கு நிலையங்கள் காற்று வேகத்திற்கு தோராயமானதொரு அறிக்கையைத் தரமுடியும். மலைப்பாங்கான பகுதிகளில் காற்றுவேகம் அந்த இடத்தைப் பொறுத்தது. ஆகையால் மேலும் விரிவான கணக்கெடுப்பு தேவைப்படும். பெரும்பாலும் அந்தந்த இடத்திலேயே தேவையான தகவல் எளிதாக கிடைக்க முடியாமல் போகலாம். அப்படியொரு சூழ்நிலையில் காற்றைப் பற்றிய புள்ளிவிவரங்களை சேகரிக்க, மற்ற வழிமுறைகளை கண்டுபிடிக்க வேண்டும் அளவுக்குறியீடுகள் மிகத் துல்லியமாக இடப்பட கிண்ண (கப்) அனிமோமீட்டர் கொண்டு வெவ்வேறு உயரங்களில் காற்று வேகத்தை அளப்பதே சிறந்த வழி (படம் 26). இந்தத் தகவல் குறைந்தது ஒரு வருடத்திற்காவது வழக்கமாக சேகரிக்கப்படவேண்டும். இந்த அடிப்படை தகவல் மூலமாக, திட்டம் நிறைவேறக்கூடிய தன்மை பற்றி அறிந்து கொள்ளலாம். மேலும், ஒரு குறிப்பிட்ட உயரத்தில் தளத்தில் காற்றின் வேகத்திலுள்ள வேறுபாடுகளை நிர்ணயம் செய்து

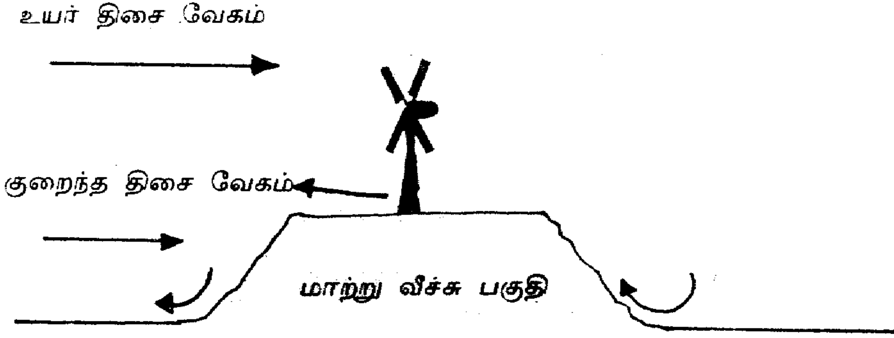


படம் 27. காற்றாலை சிறப்பாக செயல்பட இடம் தேர்ந்தெடுத்தல். (மேலே) மோசமான தேர்விடம்; (கீழே) சிறப்பான இடம் (கீழே).

கொள்ளலாம். காற்று இயந்திரங்களை நிறுவுவதற்கு சிறந்ததொரு இடம், கரடுமுரடில்லாத, நன்கு உருண்ட மலையின் உச்சியாகும். அதன் சாய்வுப்பகுதி சீரான சரிவுடன் சமதளத்தில் முடிய வேண்டும். ஏரி அல்லது கடலுக்குள் இருக்கும் தீவினுள் அமைத்தால் சிறப்பாக இருக்கும். திறந்தவெளி, திறந்த கடற்கரை மற்றும் மலைகளுக்கு இடையிலான இடைவெளி போன்றவை சிறப்பான காற்று வடிகால்களாக அமைகின்றன. இதுபோன்ற சில நிலைமைகளை படம் 28 காட்டுகிறது.

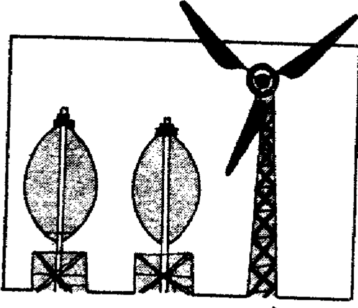
நல்ல காற்றுள்ள இடத்திற்கான சுற்றுப்புற சுழலியலின்

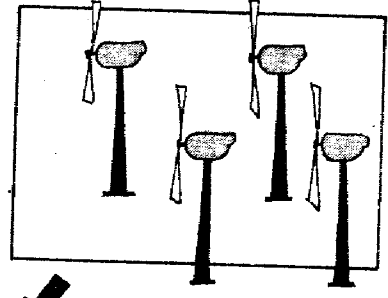




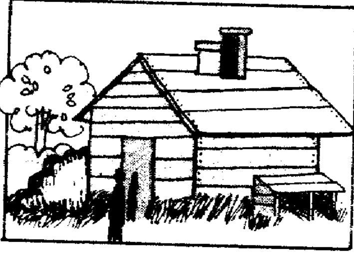
படம் 28. காற்று இயந்திரத்தின் அமைவிடங்களை பாதிக்கும் காரணங்கள்: அ. நன்கு உருண்ட மலை அல்லது மேடு, விரும்பத்தக்க இடமாகிறது; ஆ. சீரற்ற முனை மற்றும் பகுதிகள் உடைய மலை அல்லது மேடு விரும்பத்தகாத இடமாகிறது.

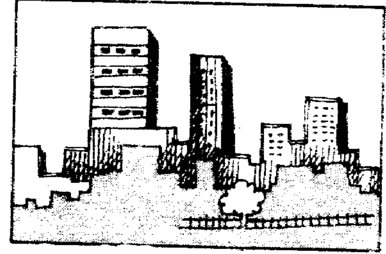
அடையாளங்களாவன: 1. மரங்கள் அசைந்து கொண்டிருக்க, அவற்றின் கிளைகள் கீழ்நோக்கி ஆடிக்கொண்டிருக்கும். இதை கடற்கரைப் பிரதேசங்களில் கடற்கரைக் காற்று வீசும் இடங்களில் அடிக்கடி காணலாம்; 2. மரங்கள் தூக்கி எறியப்படுதல்: மரத்தின் பெரிய அடித்தண்டு பாகமே கீழே சாய்ந்துவிடும்; 3. காற்று வெட்டுதல்: இதனால் வெகுவாக குறைந்த உயரம் உடைய மரங்கள் ஏற்படுகின்றன. அவற்றின் உச்சிகள் ஒரே உயரமுடன் இருக்கும். மற்றும் 4. மர அல்லது புதர் விரிப்புகள்: அதாவது தாவரங்கள்





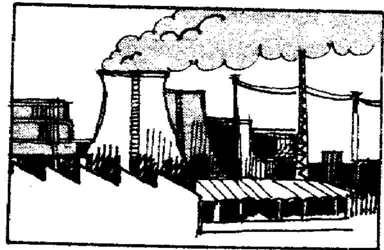
பயன்பாட்டு
துணை நிலையம்





பயன்பாட்டினை
பகிர்ந்தளிக்கும் கிரிட்





படம் 29. காற்று சக்தியின் பயன்பாடுகள்

குட்டையான புதர்களின் உயரத்திற்கு மேல் வளராமல் இருந்து விடும் மலைப்பாங்கான கடற்பிரதேசங்களைச் சார்ந்த சமவெளிகள் காற்று ஆற்றல் மின் நிலையங்கள் அமைக்க சிறந்த இடங்களாகும்.

காற்றுப் பொருளாதாரம்

வளைகுடாப் போர்க்காலத்தில் எண்ணெய் விலையேற்றம் பல நாடுகளின், முக்கியமாக வளரும் நாடுகளின் பொருளா தாரத்தை மோசமாகத் தாக்கியது, ஆற்றல் துறையின் வழக்கத்திற்கு மாறான இயல்பு என்னவென்றால், வழக்கத்திலுள்ள ஆற்றல் வளங்களின் விலைகள் உயரும்பொழுது, காற்று சக்தியின் விலையோ இறங்குகிறது. காற்று சக்திக்கு ஆகும் செலவு நல்லதொரு விலை என்பது நிச்சயமாகத் தெரிகிறது. மேலும். புதைபடிவு எரிசக்தி வளங்களை சார்ந்து இருத்தல் குறைதல், சுற்றுப்புறச் சூழல் சீர்கேடுகள் குறைதல், காற்றுவளம் எளிதாகக் கிடைப்பதால் ஆற்றல் திட்டமிடுதல் தேவைக்கு ஏற்பட வளைந்து கொடுத்தல் ஆகிய நன்மைகளும் கிடைக்கின்றன. காற்று இயந்திரங்கள், குறிப்பாக தேவையான வருடாந்திர சராசரி காற்றுவேகம் கிடைக்கும் இடங்களிலும் ஏனைய சக்திகளின் விலைகள் அதிகமாக இருக்கும் இடங்களிலும் சிறந்த பயன்தரும். உதாரணத்திற்கு, ஒதுக்குப்புறமான இடங்களில் இயந்திர அல்லது மின்சார ஆற்றல் தேவைப்படும் சூழல் அல்லது மற்ற ஆற்றல் வளம் ஏதும் குறைவான விலைக்கு கிடைக்காத சூழலையும் சொல்லலாம்.

அமைப்பின் விலையானது வகைத் திறன் மற்றும் பயன் ஆகியவற்றைப் பொறுத்து வேறுபடும் (படம் 29).

இப்படிப்பட்ட திட்டங்களில் இடப்படும் முதலீடானது, மற்ற எந்த வகை மின்நிலையத்தில் இடப்படுவதைக் காட்டிலும் சீக்கிர மாகவே பலனை அளிக்கின்றது என அனுபவம் சொல்கிறது.

காற்று இயந்திரங்கள் அமையும் இடத்தின் தேர்வு மட்டும் மிகவும் சரியானதாக இருந்தால், பொருளாதார ரீதியாக சாத்தியப்பட்டு வரும். காற்றாலைப் பண்ணைகளைப் பற்றிய கருத்து, வளரும் நாடுகளில்கூட பிரசித்தி பெற்று வருகிறது.

காற்றாலைப் பண்ணைகளுக்கு அதிக நிலப்பரப்பளவு தேவைப்படாது. காற்று இயந்திரங்கள் கடல்களுக்கு நடுவில்கூட அமைக்கப்படலாம். நிலம் சார்ந்த இடங்களைக் காட்டிலும் கடல்களுக்கு நடுவில் காற்று அதிக வேகத்துடன் வீசும். இந்த நன்மையினால், கொடுக்கப்பட்ட ஓர் அளவு ஆற்றலை உற்பத்தி செய்வதற்கு, கடலுக்கு வெளியில் அமைக்கப்படும் காற்று இயந்திரங்களின் எண்ணிக்கையைக் காட்டிலும் கடலினுள் அமைக்கப்படும் காற்று இயந்திரங்களின் எண்ணிக்கை குறை வாகவே தேவைப்படும்.

ஆனால் கடலுக்குள் அமைக்கப்படும் காற்று இயந்திரங்களில்

ஒருசில குறைபாடுகள் உள்ளன. நீருக்கடியில் அஸ்திவாரம் எழுப்புவதற்கு ஏற்படும் செலவுகள், தாங்கும் அமைப்புகள், நிலத்திற்கு மின்சாரத்தை செலுத்துவதற்கான கம்பிகள் போன்ற வற்றுக்கான செலவுகள், மற்றும் பராமரிப்பிற்கு ஏற்படும் உயர் செலவுகள் போன்ற குறைகள் இருக்கின்றன. கடலில் கடினமான நிலமைகளை எதிர்கொள்ள, இயந்திரமும் அதன் அஸ்திவாரமும் உறுதியாகவும், நன்றாகவும் கட்டப்பட்டதாக இருக்கவேண்டும் என்பதை யாரும் மறுக்க முடியாது. கிடைக்கும் நன்மைகளைப் பார்க்கும்பொழுது இந்த குறைபாடுகள் பெரிதானவை அல்ல.

சொல்லப்போனால், நீண்டகால பொருளாதாரப் பலன் களைக் கணக்கில் கொண்டால், கடலில் அமைக்கப்படும் ஆலைகள் லாபகரமாகவே அமையும். வளர்ச்சி அடைந்த நாடுகளில், சிறப்பான ஆராய்ச்சி வேலைகள் இந்தத் துறையில் நடைபெற்று வருகின்றன. ஒப்புமை ஆராய்ச்சியின் முடிவுகள் வரும் ஆண்டுகளில் கிடைத்துவிடும்.

6

எதிர்கால முன்னேற்றங்கள்

காற்றாலைத் தொழிற்சாலை உன்னதமான எதிர்காலத்தை நோக்கி நகர்ந்து கொண்டிருக்கிறது. இது முக்கியமாக, நிலையான ஆராய்ச்சிகள், நன்கு நிறுவிய முயற்சிகள், புதுப்பிக்கக் கூடிய சக்தி வளங்களின் தேவையைப் பற்றிய விழிப்புணர்வில் ஏற்பட்டுள்ள அதிகரிப்பு, வளர்ச்சி அடைந்த நாடுகளில் அரசாங்க ஆதரவுடன் இணைந்த முயற்சிகள் ஆகியவைதான் இந்த உயர்நிலைமைக்கு காரணம். காற்று இயந்திர இயக்கவியல் ஆராய்ச்சிகள் முழுவதும் காற்று சக்தி மாற்று அமைப்புகளின் முன்னேற்றத்திற்காக ஈடுபடுத்தப்பட்டுளளன. மேலும், இவ்வாராய்ச்சிகள் மூலமாக காற்றுக்கும், காற்று இயந்திரங்களுக்கும் உள்ள அடிப்படை இயற்பியல் தொடர்பினைக் கணக்கிட்டு, அதனால் உயர்ந்த பட்ச அளவு சக்தியினை குறைந்த செலவில் உற்பத்தி செய்வதற்காகவும் ஈடுபடுத்தப்பட்டுள்ளது. முன்னேறிய பாகம் மற்றும் அமைப்பு பற்றிய ஆராய்ச்சி, முக்கியமாக, சரியான பாகம் மற்றும் அமைப்பு ஆகியவற்றின் வடிவமைப்புகளை சரியாக கண்டுபிடிக்க, உருவாக்க மற்றும் மதிப்பீடு செய்வதற்காக ஈடுபடுத்தப்பட்டுள்ளது. இதனால் விலையிலும், செயல் திறனிலும் பெரியதொரு முன்னேற்றம் ஏற்படும். எதிர்கால முன்னேற்றங்கள் நிச்சயமாக காற்று ஆற்றலை, வழக்கத்திலுள்ள ஆற்றல் வளங்களைக் காட்டிலும் எளிதான தாக்கும் முயற்சிகளில் ஈடுபடுத்தும். புதிய இயந்திரம் மற்றும் மின்சாரம்/அல்லது காற்று இயக்கவியல் கட்டுப்பாட்டு அமைப் புகள் தோல்விகளைக் குறைப்பதற்காகவும், காற்று இயந்திரங்களின் மொத்த செயல்திறனை அதிகரிப்பதற்காகவும் உருவாக்கப்பட்டு வருகின்றன. காற்று டர்பைனில் சுயமாக ஒருங்கிணைந்து இயங்கும் கட்டுப்படுத்தியினை சேர்த்துக் கொண்டது, சமீப கால முன்னேற்றங்களில் ஒன்றாகும்.

இறக்கைகளை முன்னேற்றுவதற்கான ஆராய்ச்சிகளும் நடந்தேறி வருகின்றன. புதிய காற்றுத் தகடு வடிவமைப்புகள்,

சக்தி உற்பத்தியை அதிகரிக்கவும், தோல்விகளைக் குறைப்பதற்கும், ஆற்றல் கட்டுப்பாட்டினை அதிகரிக்கவும் ஏற்றதொரு வகையில் உருவாக்கப்பட்டு வருகின்றன. பல்வேறு வேகங்களை உடைய ஜெனரேட்டர்கள், நன்கு முன்னேறிய காற்றுத் தகடுகள் மற்றும் கட்டுப்பாடு அமைப்புகள் உடன் ஒருங்கிணைக்கப்பட்டு, காற்று சக்தியை உடனடி தேவைக்கேற்றவாறு மாற்றும் முன்னேறிய வடிவமைப்புகள் உருவாக்கப்படுகின்றன.

காற்று ஆற்றலிலிருந்து மின்சாரத்தை உருவாக்குவதற்கு வழக்கத்தில் இல்லாத வழிமுறைகளும் உருவாகி உள்ளன. அப்படி ஒருவகை கண்டுபிடிப்புதான் டொர்நடோ கோபுரம். அது ஒரு துளை உடைய நேர் உருளை. அதனுடன் நேராக நிறுத்தப்பட்ட டர்பைன் பொறுத்தப்பட்டு இருந்தது. ஹாவ்ட் தகடுகளின் முனைகளில் சிறிய காற்றுத் தகடு பகுதிகள் சேர்க்கப்பட்டு இருந்தன. காற்றின் உந்து விசைகளில் இருந்தும் காற்று ஆற்றலைப் பெற்றுத்தரும் முறைகள் உருவாகி வருகின்றன. காற்றால் உந்தப் பட்ட மின் நீர்ம இயக்க ஜெனரேட்டர் மின்மண்டலத்தில் மின் சக்தி ஊட்டப்பட்ட நுண்பொருட்களை வேகமாக நகர்த்துவதன் மூலம் சக்தியினைப் பெற்றுத்தர உருவாக்கப்பட்டது. ஊசலாடும் கம்பிகளின் இயக்க ஆற்றலை, தேவைப்படும் வகை சக்தியாக மாற்றும் ஊசலாடும் அமைப்புகளை உருவாக்கும் கருத்துக்கள் முன்வைக்கப்படுகின்றன. காற்றை நகர்த்தி திரவமாக பயன் படுத்தும், ஈரக்காற்று இயந்திரம் மற்றொரு புதிய கருத்தாகும். இந்தக் கருத்துக்கள் வியாபாரகரமாக சாத்தியப்படுவதற்கு ஏற்றவாறு முழுவதும் உருவாக்கப்பட வேண்டும்.

காற்று சக்தி முன்னேற்றத்திற்கு டேனிஷ் அரசாங்கம் பெரியதொரு திட்டத்தைத் துவக்கி உள்ளது. அமெரிக்கா மற்றும் பல ஐரோப்பிய நாடுகளிலும் இதுபோன்ற நடவடிக்கைகள் தொடங்கப்பட்டுள்ளன. தொழில்துறையில் முன்னேறிய நாடுகள் பலவற்றிலும் இன்று நவீன காற்றாலைகள் உள்ளன. மேலும் அவை புதிய வடிவமைப்புகளை உருவாக்கி வருகின்றன. காற்று டர்பைன்களின் தயாரிப்பு மற்றும் விற்பனையில் டென்மார்க் முதலிடம் வகிக்கிறது. ஐக்கிய நாடுகள் சபையின் அபிவிருத்தித் திட்டமும் வளர்ந்து வரும் நாடுகளின் காற்று ஆற்றல் மாற்றும் இயந்திரங்களை வடிவமைத்தல், தயாரித்தல் மற்றும் இயக்குதல் ஆகியவற்றுக்காக பயனுள்ள பல உதவிகளைச் செய்கிறது.

உலகமெங்கும் இந்த மாற்றம் வீசுகிறது. பல நாடுகளில் காற்றின் ஆற்றல், இயந்திர சக்தியின் தேவைக்கு, முக்கியமாக விவசாயப் பயன்களில் முக்கியமானதொரு வளமாக உள்ளது. இன்று காற்றாலைத் தொழிற்சாலை கிலோவாட் அளவுகளில்

இருந்து மெகாவாட் அளவு நோக்கி நகர்கிறது. உருவத்திலும், ஆற்றல் அளவிலும் காற்று டர்பைன்கள் பெரிதாகி வருகின்றன. 1980களில் 30 முதல் 35 கிலோவாட் அளவு கொண்டிருந்தவை, 1990களில் 3.2 மெகாவாட் வரை வளர்ந்திருந்தன. உலகம் முழுதும் காற்று தொழில் நுட்பம் லாபகரமானதும், சிறிய அளவு மற்றும் பெரிய அளவு உற்பத்திக்கு நல்லதொரு தேர்வாகவும் அமையும். உலகத்தின் எந்த ஒரு மூலையிலும், ஏன் தென்துருவத்தில்கூட, காற்று இயந்திரங்கள் செயல்படுவதையோ அல்லது கட்டப்பட்டு வருவதையோ பார்க்கலாம்.

வளரும் நாடுகள்கூட சுயமாக தங்கள் காற்று வளங்களை உருவாக்கிக்கொண்டு, கச்சா எண்ணெயை சார்ந்து இருத்தலை குறைத்துக்கொள்ள முடியும். புதுப்பிக்கத்தகூடிய ஆற்றல் வளங்கள் மீது கூடுதல் கவனம் செலுத்தவும், நீடித்த வளர்ச்சிக்குத் திட்டமிடவும் 1982ஆம் ஆண்டு இந்தியாவில் மரபுசாரா ஆற்றல் வளத்துறை என்னும் துறையை ஏற்படுத்தப்பட்டது. இந்தத் துறையின் முக்கியத்துவம் கருதி 1992ஆம் ஆண்டு ஜூலை மாதம் முதல் இதற்கென தனி அமைச்சகம் உருவாக்கப்பட்டது. இந்தியாவில், 1985-86இல் (ஏழாவது ஐந்தாண்டு திட்டத்தின் முதல் வருடம்), காற்று ஆற்றல் திட்டம் குறிப்பிடத்தக்க வகையில் விரிவு படுத்தப்பட்டது. இந்தத் திட்டத்தில் காற்று வளத்தைக் கண்டு பிடித்தல், ஆராய்ச்சி மற்றும் வளர்ச்சி, தண்ணீரை இறைத்தல், மின்கலத்தை சக்தியூட்டுதல் மற்றும் ஆற்றல் உற்பத்தி போன்ற பல்வேறு பயன்களுக்கு ஏற்றதொரு வியாபார எதிர்காலம் உடைய தொழில்நுட்பத்தினை செயல்படுத்திக் காட்டுதல் ஆகியவை அடங்கும்.

மணிக்கு சராசரியாக 18 கி.மீ. வேகத்தில் காற்று வீசக்கூடிய, காற்று ஆற்றல் திட்டத்திற்குப் பொருத்தமான 77 இடங்களை அமைச்சகம் தேர்ந்தெடுத்தது. காற்றாலைத் திட்டங்களுக்காக மாநிலங்கள் வழங்கும் ஊக்குவிப்பு சலுகைகள் தவிர, ஐந்து ஆண்டுகளுக்கு வரிவிலக்கு, 100 சதவிகித தேய்மான மதிப்பு, மின்சாரம் மற்றும் விற்பனை வரியிலிருந்து விலக்கு போன்ற சலுகைகளை மத்திய அரசும் அளிக்கிறது; தொழில்முனை வோருக்கு உதவுவதற்காக மாநில அளவில் நெறிப்படுத்தும் அமைப்புகளுக்கு அதிகாரம் வழங்கப்பட்டுள்ளது.

1987ஆம் ஆண்டு மார்ச் மாதம் 'இந்திய புதுப்பிக்கக்கூடிய ஆற்றல் மேம்பாட்டு நிறுவனம்' (IREDA) நிறுவப்பட்டது. புதுப் பிக்கக்கூடிய ஆற்றல்வளத் துறையில் ஈடுபடுவோருக்கு உதவுவதற் காகவும், எளிதான கடன் வசதிகளும் அளிப்பதற்காக உருவானது இந்த அமைப்பு. எளிதில் அணுகவியலாத இடங்களில் புதுப்

பிக்கக்கூடிய ஆற்றல் வளங்களைக் கண்டறிந்து அவற்றை சரியான முறையில் பயன்படுத்துவதற்காக இந்நிறுவனம் உதவி வருகிறது. காற்று ஆற்றல் திட்டங்களில் இந்தியாவில் பல வெளி நாட்டு நிறுவனங்கள் நியமிக்கப்பட்டு, உற்பத்தியும் துவங்கி விட்டது. காற்று ஆற்றலைப் பயன்படுத்தும் திட்டங்களுக்கு ஊக்கமளிப்பதில் ஐஆர்ஈடிஏ அமைப்பும் அமைச்சகமும் வழங்கி வரும் ஒத்துழைப் பின் பலன் தெளிவாகத் தெரிகிறது. உள்நாட்டு சாதனங்கள் 75 சதவிகிதம் பயன்படுத்தும் காற்று ஆற்றல் உற்பத்தியாளர்கள் 15 பேர் இன்று இருக்கிறார்கள்.

1991இல் மாதிரிக் காற்றாலைப் பண்ணைகள் மூன்று நிறுவப்பட்டது, இந்தியாவில் மறுக்கவியலாத காற்று ஆற்றல் விரிவாக்கத் திட்டத்தின் விளைவாக வந்ததாகும். இவற்றில் குஜராத் மாநிலத்தில் போர்பந்தர் அருகே லாம்பா என்னும் இடத்தில் 10 மெகாவாட் திறன் கொண்டதும், தமிழ்நாட்டில் கயத்தாறில் 10 மெகாவாட் திறன் கொண்டதும், முப்பந்தலில் 4 மெகாவாட் திறன் கொண்டதும் அமைக்கப்பட்டன. இத்துறை வளர்ச்சியடைந்த மூன்று அல்லது நான்கு ஆண்டுகளுக்குள்ளேயே அடைந்த முன்னேற்றங்கள் கணிசமானவை. 1995 மார்ச் மாதத்துக்குள் 200 மெகாவாட்டுக்கும் அதிகமான திறன் கொண்ட ஆலைகள் அமைக்கப்பட்டிருந்தன. 1994-95 நிதியாண்டில் புதுப்பிக்கக்கூடிய ஆற்றல் வளங்களுக்காக இந்தியா ஒதுக்கிய தொகை ரூபாய் பதினைந்து பில்லியன் ஆகும். 8ஆவது ஐந்தாண்டுத் திட்டத்தில் தனியார் திட்டங்களையும் சேர்த்து மேலும் 100 மெகாவாட் திறன் நிறுவவும், இதற்காக 90 கோடி ரூபாய் வழங்கவும் முடிவு செய்யப்பட்டது. ஆனால், உண்மையில் எட்டாவது ஐந்தாண்டுத் திட்ட (1992-97) காலத்தில், காற்று ஆற்றல் துறையில் நிர்ணயிக்கப்பட்ட இலக்கை விட ஐந்து மடங்கு உற்பத்தி ஆனது. தமிழ்நாடு, குஜராத், கர்னாடகம், ஆந்திரப் பிரதேசம் ஆகிய மாநிலங்கள் துவக்கிய ஊக்குவிக்கும் கொள்கை களின் காரணமாக, காற்று ஆற்றல் திட்டங்களில் தனியார் துறையின் ஈடுபாட்டின் அளவு மேலும் அதிகரிக்கும் என்று நம்பலாம். குறைவாக மதிப்பீடு செய்தாலும் நம் நாட்டில் ஏறக்குறைய 20,000 மெகாவாட் காற்று ஆற்றலை உற்பத்தி செய்யும் திறன் உள்ளது எனத்தெரிகிறது. தற்போது இந்தியாவில் மின் கடத்திக் கிரிட்களுடன் இணைக்க பட்ட, நிறுவப்பட்டுள்ள மொத்தத் திறன் 990 மெகாவாட் ஆகும்; இது உலக அளவில் காற்று ஆற்றல் துறையில் இந்தியாவை நான்காவது இடத்தில் வைத்துள்ளது. தற்போதுள்ள வடிவமைப்புகளை மாற்றி அமைக்கவும் அவற்றை முன்னேற்றுவதற்காகவும், ஆராய்ச்சி

மற்றும் வளர்ச்சிக்கான முயற்சிகள் மேற்கொள்ளப்பட்டு வருகின்றன. பன்னாட்டு உதவியுடன் சோதனை நிலை காற்றாலை அமைப்புகள் அமைக்கப்பட்டு, கண்காணிக்கப்பட்டு வருகின்றன. உள்நாட்டிலேயே தயாரிக்கப் பட்ட காற்று ஆற்றல் மின்சார ஜெனரேட்டர்களின் திறனை அதிகப்படுத்துவதற்காக குறிப்பான கவனம் செலுத்தப்படுகிறது. தற்போது உள்ள காற்று ஆற்றல் வளம் எவ்வளவு என்பதையும், பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது எவ்வளவு என்பதையும் அடுத்த பக்கத்தில் உள்ள அட்டவணை காட்டுகிறது.

இன்று இந்தியாவின் காற்று இயந்திரங்கள், ஆற்றல் உற்பத்தியில் ஓரளவுக்கு பங்கு பெற்றாலும் ஆராய்ச்சி வசதிகள் மிகக் குறைவாக இருப்பதால் வளர்ச்சி அடைந்த நாடுகளுககு நிகரானதொரு நிலைமைக்கு நம்மால் வரமுடியவில்லை. மேலும் வளர்ச்சியடைந்த நாடுகளில் புதிய, அன்றாட வளர்ச்சித் தகவல் கிடைப்பதுடன் அவை புதுப்பிக்கக் கூடிய தொழில் நுட்பங் களுடன் எப்போதும் தங்களை ஈடுபடுத்திக் கொண்டிருக்கின்றன. இன்றைய அளவில் புதிதான காற்று இயந்திரங்களுக்கு ஆகும் செலவுகள் வழக்கத்திலுள்ள ஆற்றல் உற்பத்தி முறைகளில் ஆகும் செலவுகளைப் போலவே இருப்பதால், நாம் செய்யவேண்டிய தெல்லாம் இவ்வளவுதான்: நிலையான முயற்சிகள் மூலம் காற்று ஆற்றலை மிகப்பெரிய அளவில் பயன்படுத்திக்கொள்வதுதான்.

ஒரு மெகாவாட் திறன் கொண்ட காற்று ஆற்றல் பண்ணை அமைப்பதற்கான முதலீடு, சுமார் 3.5 முதல் 4.0 கோடி ரூபாய் ஆகும். இதன் மூலம் உற்பத்தி செய்யப்பட்ட மின்சாரத்திற்கான விலை கிலோவாட்/மணி ஒன்றுக்கு 2.25 முதல் 2.75 ரூபாயாகும். இயக்கம் மற்றும் பராமரிப்புச் செலவு 1.5 முதல் 2.5 ரூபாய் ஆகிறது. ஆண்டு உற்பத்தி சுமார் 2.5 மில்லியன் கி.வா/மணி ஆகும்.

காற்று ஆற்றலானது, சுத்தமான, தீர்ந்துபோகாத, குறைந்த செலவுகளே உடைய, மிக அதிக அளவிலும் எளிதாகவும் கிடைக்கக்கூடிய ஆற்றல் வளமாகும். காற்று ஆற்றல் வழக்கமான தொரு ஆற்றல் வளமாக கருதப்படும் நாள் வெகு தொலைவில் இல்லை.

காற்று ஆற்றல் வளமும், பயன்படுத்தப்படும் அளவும்

மாநிலம்	நிகர வளம் (மெவா) அ	தொழில் நுட்ப வளம் (மெவா) ஆ	நிறுவப் பட்டவை (மெவா) இ
ஆந்திரப் பிரதேசம்	2200	1231	58
குஜராத்	3100	1271	167
கர்நாடகம்	4120	687	18
கேரளம்	380	353	2
மத்தியப் பிரதேசம்	3000	775	19
மகாராஷ்டிரா	1920	2108	8
ஒரிசா	840	338	1
ராஜஸ்தான்	1210	397	—
தமிழ் நாடு	900	1011	719
மேற்கு வங்கம்	180	775	—
இதர மாநிலங்கள்	2150	—	—
மொத்தம்	20000	8946	992

அ - தேவையான வேகத்தில் காற்று வீசக்கூடிய, காற்று ஆற்றல் வளமுடைய பகுதிகளில் 0.5 சதவிகித நிலம் கிடைக்கிறது என்ற கணக்கில்.

ஆ - 31-3-1998 கணக்கின்படி; 20 சதவிகித கிரிட் வசதி கிடைக்கும் என்ற கணக்கில்.

இ - 30-1-1998 கணக்கின்படி.

•

7

காற்று ஆற்றல் விவரங்கள்

- ஆதிகால காற்றாலைகள் கி.பி. 644ஆம் ஆண்டிலேயே பெர்சியா (ஈரான்)வில் பயன்படுத்தப்பட்டது.
- 1930களிலேயே தென்துருவத்தில் காற்று இயந்திரங்கள் ஆற்றலைப் பெற்றுத்தரப் பயன்பட்டன.
- இந்தியாவில் முதல் அதிகாரப்பூர்வமான சோதனைகள் 1879இல் நீர்ப்பாசனத் திட்டங்களுக்கு காற்றாலைகளை பயன்படுத்தும் சாத்தியக்கூறு பற்றி ஆராய மேற்கொள்ளப் பட்டன. இந்தியாவில், குறிப்பாக அதன் நீளமான கடற்கரைப் பிரதேசங்களில், காற்று எளிதாகக் கிடைக்கிறது.
- மிதிவண்டியின் மின் விளக்கை (டைனமோ) போலவே காற்று டர்பைன்களும் மின்சாரத்தை உருவாக்குகின்றன. காற்றானது இறக்கைகளை சுழலச் செய்ய அவை உந்து அமைப்பினால் ஒரு கியர்பெட்டி வழியாக ஜெனரேட்டர் ஒன்றுடன் இணைக்கப்பட்டு இருக்கும்.
- அமெரிக்காவில் மட்டும் $2 x 10^{12}$ கிலோவாட் பவர் ஆற்றல் காற்றிலிருந்து உற்பத்தி செய்ய முடியும் என்று புள்ளிவிவரங்கள் காட்டுகின்றன. அந்த அளவு ஆற்றல் அந்த நாட்டின் மொத்த ஆற்றல் தேவைக்கு சமமானதாகும்.
- உலகெங்கும் உள்ள காற்று ஆற்றல் மின் உற்பத்தியின் அளவு 8.5 ஜிகாவாட் (8500 மெகாவாட்/மணி) அளவை விஞ்சி விட்டது. ஆண்டுக்கு 14டன்வாட்/மணி ஆற்றல் கிடைக்கிறது.
- 2012ஆம் ஆண்டில் நிறுவப்பட்டிருக்கக் கூடிய 2,40,000 மெகா வாட் ஆற்றலில் பத்து சதவிகிதம் (24,000 மெகாவாட்) புதுப்பிக்கக்கூடிய ஆற்றல் வளங்களிலிருந்து கிடைக்கும் என்று மரபுசாரா ஆற்றல் வளத்துறை அமைச்சக மதிப்பீடு தெரிவிக்கிறது. இதில் பாதி (12,000 மெகா வாட்) ஆற்றல் காற்றிலிருந்து கிடைக்கும் என்று கணிக்கப்பட்டுள்ளது.
- 1982 முதல் 1990 வரை, ஏறக்குறைய முப்பது தயாரிப்

பாளர்கள் சுமார் 20,000 கிரிட் அமைப்புடன் இணைந்த டர்பைன்களை உலகம் முழுவதும் விநியோகித்துள்ளார்கள். 1989இல் மட்டும் காற்று டர்பைன்கள் 2,000 மெகாவாட் ஹவர் (2000 MWh) மின்சாரத்தை உற்பத்தி செய்துள்ளன. அதனால் 3.5 மில்லியன் பேரல்களுக்கும் அதிகமான அளவு எண்ணெய் சேமிக்கப் பட்டுள்ளது.

- 2005ஆம் ஆண்டுவாக்கில், காற்று டர்பைன்கள் 320 மில்லியன் கிலோவாட் ஹவர் மின்சாரத்தை உற்பத்தி செய்யும் என அமெரிக்க அறிவியலார் எதிர்பார்க்கின்றனர். அது சுமார் 100 மில்லியன் மக்களின் வீட்டு உபயோகத்திற் கான ஆண்டுத் தேவையை பூர்த்திசெய்ய போதுமானதாகும்.
- உலகத்தின் மிகப்பெரிய - மிகவும் முன்னேற்றம் அடைந்த காற்று டர்பைன் 3.2 மெகாவாட் திறனுடைய மாட் 5-பி' மாடல் 'போயிங் என்ஜினிரியரிங் கம்பெனியால் உருவாக்கப் பட்டது. அதன் ரோடார் 97.5 மீட்டர் விட்டம் உடையது.
- நீரேற்றும் காற்றாலைகள் கி.மு. 400-இலேயே இந்தியாவில் இருந்தன என கௌடில்யரின் அர்த்த சாஸ்திரம் பகர்கிறது.
- டான் குவிக்ஸாட்டை போர்புரிய வைத்தது ஒரு காற்றாலை.
- திபெத்தில் இருந்த புத்தத் துறவிகள் உருளைகளைச் சுழற்று வதற்காக காற்று ஆற்றலைப் பயன்படுத்தினர் என்பதை அவர்களது மதக் குறிப்புகள் தெரிவிக்கின்றன.
- தனியார்மயமாக்கல், 1986இல் குஜராத்தில் முதன்முறையாக தனியார் பண்ணை அமைந்ததில் துவங்கியது.
- காற்று ஆற்றல் பண்ணைகளிலிருந்து இதுவரை சுமார் 3.5 பில்லியன் யூனிட் ஆற்றல் கிரிட்களுக்கு அனுப்பப்பட்டது. இந்தியாவை 'காற்று ஆற்றல் வல்லரசு' என்று வேர்ல்டு வாட்ச் இன்ஸ்டிடியூட்' அமைப்பு மதிப்பிட்டுள்ளது.
- 1998ஆம் ஆண்டில் உலக காற்று ஆற்றல் மின்உற்பத்தி 8,500 மெகாவாட்/மணி அளவை எட்டியுள்ளது.
- காற்று ஆற்றல் பயன்பாட்டால் இதுவரை தவிர்க்கப்பட்ட மாசுகளின் அளவு:

சல்பர் டைஆக்சைடு	2 முதல் 3.2 டன்
நைட்ரஜன் ஆக்சைடு	1.2 முதல் 2.4 டன்
கார்பன் டை ஆக்சைடு	300 முதல் 500 டன்
துகள்பொருள்கள்	150 முதல் 280 கி.கி.
சாம்பலும், தூசிகளும்	16 முதல் 28 டன்

- மாநில வாரியான, ஆண்டுவாரியான திட்டங்கள் அடுத்த பக்கத்தில் தரப்பட்டுள்ளன.

மாநிலம்	மார்ச் 92 வரை	1992-93	1993-94	1994-95	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99 செப். வரை	மொத்தம்
ஆந்திரப் பிரதேசம்	1,120,745	63,349	161,525	619,748	7,676,741	39.979,632	51,925,399	28,757,138	130,304,277
குஜராத்	42,188,099	18,793,320	21,673,823	37,833,399	58,230,856	117,856,316	132.409,292	44,642,564	473,627,669
கர்நாடகா	—	—	—	—	315,603	7,250,605	11,715,975	12.117,771	31,399,954
கேரளம்				59,146	2,041,468	2,565,150	1,867,326	11,085,455	7,618,545
மத்தியப் பிரதேசம்	1,080,146	406,900	336,059	250,906	813,273	5,977,195	7,426,841	6,436,489	22,727,809
மகாராஷ்டிரா	3,429,901	518,610	208,620	1,138,350	1,162,914	2,577,778	3,308,370	2,201,637	14,546,180
ஒரிஸ்ஸா	1,174,856	—	—	—	—	—	—	—	1,174,856
தமிழ்நாடு	63,911,415	68,674,598	72,389,409	151,374,106	426,198,886	702,169,655	779.801,751	521,646,244	2,78,616,6064
மொத்தம்	112,905,162	88.456,777	94,769,436	191,275,655	496,439,741	878,376,331	988.454,954	616.887,298	3,46,756,5354

அருஞ்சொல் அகராதி

காற்று இயக்கவியல் ப்ரேக்: இந்த ப்ரேக் காற்று இயக்கவியல் விசையை பயன்படுத்துகிறது. உதாரணத்திற்கு, மையவிலக்கு விசையால் உந்தப்படும் ப்ரேக், காற்று விசையினால் செயல் படுகிறது.

காற்று இயக்கவியல்: காற்று மற்றும் ஏனைய வாயுக்களின் நுகர்வு மற்றும் இந்த வாயுக்களைச் சார்ந்தவாறு நகரும் மற்ற பொருட்களின் மேல் ஏற்படும் விசைகள் ஆகியவை பற்றியதொரு துறை.

காற்றுத் தகடு: காற்று இயந்திரங்களின் தகடுகளுடைய வடிவம்; இந்தக் குறிப்பிட்ட வடிவத்தினால்தான், காற்று அவற்றின்மீது பாயும் பொழுது ஒருவித தூக்கு விசையினை உருவாக்குகிறது.

பட்டை (பெல்ட்) உந்து: V வடிவ பட்டையும், உருளையும் சேர்ந்த உந்து அமைப்பு இது; சுழல்விசிறிகளின் நீள் உருளையில் இருந்து, சில இயந்திரங்களில் உள்ள சிறிய ஜெனரேட்டர் களுக்கு ஆற்றலை அனுப்ப உதவுகிறது.

தகடுகள்/இறக்கைகள்: ரோடாரின் தகடுகள்தான் காற்றுஆற்றலை நீள் உருளை உருள்வதற்கான சக்தியாக மாற்றுகிறது. பெரும் பாலும், இவை மரம், செயற்கை இழைக் கண்ணாடி அல்லது உலோகத்தினால் செய்யப்பட்டிருக்கும், அவற்றின் வகை, உருவம் மற்றும் எண்ணிக்கை அந்தந்த மாடலைப் பொறுத்து மாறுபடும். குறிப்பாக, படுக்கைவச அச்சு உயர்வேக காற்று இயந்திரம் மூன்று அல்லது நான்கு 'காற்றுத்தகடு' வகை இறக்கைகள் கொண்டிருக்கும். படுக்கைவச அச்சு குறைந்த வேகம் உடைய காற்று இயந்திரம், பொதுவாக பல தகடு களுடன், தட்டையான அல்லது வளைந்த உலோக அட்டை அல்லது பாயினால் தொங்கவிடப்பட்டிருக்கும். கட்டுப் படுத்தும் அமைப்பு டர்பைனின் அனைத்து முக்கிய இயக்கங் களையும் கட்டுப்படுத்தி, கண்காணிக்கிறது.

இணைப்பு: உயர்வேக சுழல் விசிறியின் நீள்உருளை, கியர் நீள் உருளையுடன் இணைக்கப்பட்டு இருக்கும்; கியர்நீள் உருளை ஜெனரேட்டருடன் ஒரு வளையக்கூடிய இணைப்பு மூலமாக பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இந்த இணைப்பு நீள் உருளை களுக்கு இடையிலான அச்சு-விட்ட வகை மற்றும் கோண வகை நகர்வு இரண்டினையும் பெற்றுக் கொள்ளவல்லது, அடிக்கடி காற்றின் வேகத்தில் ஏற்படும் மாறுதலால் ஏற்படும் ஆற்றல் வேறுபாடுகளை, உயர்வேக நீள்உருளையில் உள்ள இணைப்பு நிவர்த்தி செய்திடும்.

வட்டவில்லை ப்ரேக்: முக்கிய நீள்உருளையில் இருக்கும் இயந்திர ப்ரேக்குகள் இவை. கியர் பெட்டியின் மேல் அதிக மோதல் ஏற்படாமல் தவிர்க்கும்.

உந்து தொடரிணைப்பு: ஒரு உருளும் நீள்உருளையையும், ஒரு கியர் பெட்டியினையும் கொண்டது. குறைந்த வேகம் கொண்ட ரோடாரிலிருந்து உயர்வேக ஜெனரேட்டர் அல்லது வேறொரு கருவிக்கு ஆற்றலை அனுப்பப் பயன்படுகிறது.

அஸ்திவாரம்: பாறை மற்றும் மண் வகையைப் பொறுத்து அஸ்திவாரம் அமையும். உள்ளூர் நிலைமை மற்றும் தேவை களைப் பொறுத்து சரியான அளவுகள் நிர்ணயிக்கப்படும் காற்றாலைகள் ஆழ்கடலிலோ அல்லது அதிக ஆழமில்லாத தண்ணீரிலோ நிறுவப்படலாம்.

கியர் பெட்டி: கியர்பெட்டியிலிருந்துதான் ஜெனரேட்டர் அல்லது இயந்திரத்திற்கு ஆற்றல் அனுப்பப்படுகிறது.

ஜெனரேட்டர்கள்: பெரும்பாலுமான காற்று டர்பைன்கள், காற்று சக்தியை மின்சக்தியாக (டிசி அல்லது ஏசி) மாற்ற இரண்டு ஜெனரேட்டர்கள் கொண்டிருக்கும். ஒன்று குறைந்த காற்று வேகத்திற்கும், மற்றொன்று உயர்வேகத்திற்கும் ஆகும்.

சக்கரத்தின் குடம் (அ) மையம்: தகடுகள் மையத்தில் நிலையாக இணைக்கப்பட்டு நீள் உருளையின் மேல் பேரிங் அமைப் பினால் தாங்கி பொருத்தப்பட்டு இருக்கும்.

திரவ விசை அமைப்பு: சக்தி தேக்கியாக பயன்படுகிறது. எண்ணெயானது, கிடங்கு ஒன்றில் உயர் அழுத்தத்தில் தேக்கி வைக்கப்பட்டு, மின்சக்தியை சார்ந்தில்லாமல் தேவையான பொழுது ப்ரேக்கினை பயன்படுத்த உதவுகிறது.

இயக்க ஆற்றல் சக்தி: நகர்வினால் உண்டாகும் சக்தி. காற்று ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோர் இடத்துக்கு வீசும்போது உண்டாகிறது.

சட்டங்களிலான கோபுரம்: இந்தக் கோபுரம் சதுர வடிவ

பகுதிகள், இணைப்புகள் கட்டுக்கம்பிகள் போன்றவற்றால் கட்டப்படும். ஆலையினை துவக்கும்பொழுதும் அது இயங்கும் பொழுதும் ஏற்படும் சிக்கல்களை தவிர்க்கும் வகையில் அமைக்கப்படும்.

முக்கியச்சட்டம்: இது, முக்கிய நீள்உருளை, செலுத்தும் அமைப்பு ஜெனரேட்டர்கள் போன்றவை இணைக்கப்படும் இடமாக செயல்படுகிறது.

நேரச்சு காற்று டர்பைன்: காற்று டர்பைனின் சுழல் அச்சு, காற்றின் போக்குக்கோ, தரைப்பகுதிக்கோ எதிராக இருப்பது.

படுக்கைவச அச்சு காற்று டர்பைன்: காற்று டர்பைனின் சுழல் அச்சு, காற்றின் போக்குக்கோ, தரைப்பகுதிக்கோ நேராக இருப்பது.

இயந்திர ப்ரேக்: வட்டவில்லை ப்ரேக், உருளை ப்ரேக் அல்லது கட்டுப்ரேக். இவை முன்பாகவே அமைக்கப்பட்ட கம்பிச்சுருள் (ஸ்பிரிங்), எடைக்கல் அல்லது திரவ விசை அமைப்பு இவற்றில் ஏதேனும் ஒன்றால் இயக்கப்படும்.

மைக்ரோ ப்ராசஸர்: பலதரப்பட்ட கண்காணிக்கும் செயல்கள் கொண்ட முன்னேற்றம் அடைந்த மாடல்களில் மைக்ரோ ப்ராசஸர்கள் பயன்படுத்தப்படும். காற்று இயந்திரத்தின் அனைத்து பாகங்களுக்கும் நல்ல தொடர்பினை ஏற்படுத்தி அவற்றை திறம்பட கண்காணிக்க, மைய மைக்ரோப்ராசஸர் இடம ஒன்று இருக்கும்.

இயந்திர மூடி: இது உறுதியான இரும்பைக் கொண்டு, பெட்டி விடிவில் அமைந்த பகுதியாகும். இந்தப் பெட்டி இயந்திர வியல் மற்றும் மின்சாரப் பொருள்களைப் பொருத்துவதற்கும் செயற்கை இழையால் ஆன திரை மூலம் இயந்திரத்தை பாதுகாக்கவும் செயல்படுகிறது.

சுழல்விசிறியின் நீள்உருளை: ரோடாரில் தகடுகள், மற்றும் சுழல் விசிறியின் நீள்உருளை ஆகியவை அடங்கும். இந்த அமைப்பு காற்றின் இயக்க ஆற்றல் சக்தியை, நீள்உருளையின் சுழல் சக்தியாக மாற்றி, மின் சக்தியாக மாற்றுகிறது.

பாதுகாப்பு அமைப்பு: காற்று இயந்திரங்கள் சுமை மற்றும் சுழல் வேகத்தினை தாண்டாமல் இருக்கவும், தேவைப்பட்டால், இயந்திரம் வேலை செய்வதை நிறுத்தவும் கட்டுப்படுத்தும் அமைப்புகள் அவசியம் தேவை, சமயத்தில், சில காற்றாலை களில் இரண்டு ப்ரேக்குகள்கூட இருக்கும். ஒன்று இயந்திர மயமானது; அதில் வட்டவில்லைகள் பயன்படுத்தப் பட்டிருக்கும். மற்றொன்று காற்றியக்கி வகையைச் சார்ந்தது. இதில் ஒரு வேக இலக்கைத் தாண்டினால், ஒவ்வொரு

தகடின் முனையும் மைய விலக்கு விசையினால் தூண்டப் பட்டு, திருப்பப்படும். இந்த வகையில் காற்றாலை அதிக சுமையை எதிர்கொள்ளும் சூழ்நிலை தவிர்க்கப்படும்.

திரை: இது செயற்கை இழைக் கண்ணாடியானால் ஆனதொரு திரை. இயந்திர பாகங்களை சுற்றுச்சூழலில் இருந்து பாதுகாக்கவும், இயந்திரம் உண்டாக்கும் சப்தம் வெளியே செல்வதை தவிர்க்கவும் பயன்படுகிறது.

கோபுரம்: காற்று இயந்திரம், நிலத்திற்கு அருகே இருக்கும் வேகம் குறைந்த மற்றும் அதிக அழுத்தம் உடைய காற்றினால் ஏற்படும் இடையூறுகள் ஏதுமின்றி, நேரடியான காற்று வீச்சினைப் பெற, கோபுரம் அல்லது அதுபோன்ற வேறு தாங்கு அமைப்பு அவசியம் தேவை. கோபுரமானது, பொதுவாக சட்டங்களிலான வடிவமைப்பிலோ அல்லது கம்பிகளின் தாங்குதலுடன் கம்பங்களால் ஆனதாகவோ இருக்கும்.

காற்று திசைகாட்டி: மூடி அமைப்பின் உச்சியில் காற்று வீசும் திசையினை கண்காணிக்கும் அமைப்பு ஒன்று அமைக்கப் பட்டிருக்கும். அது மைய கட்டுப்பாட்டு கணிப்பொறிக்குத் தேவையான தகவலைத் தந்திடும். இந்த அமைப்பு காற்று டர்பைனை காற்று வீசும் திசையில் சரியாக ஒழுங்கு படுத்தும்.

வழியிலிருந்து விலக்கும் அமைப்பு: நேரத்திற்கு நேரம், காற்று வீசும் திசை மாறுபடும். காற்று வேகத்திற்கு ஏற்ப, வீற்றிருக்கும் திசையினை பராமரிப்பது கடினமானதும், அதிக நேரம் செலவாகக்கூடியதும் ஆகும். படுக்கைவச-அச்சு காற்று இயந்திரம் காற்றை எதிர்கொள்ள வேண்டிய திசைக்கேற்ப மாற்றி அமைக்கும் செயலுக்கு வழியிலிருந்து விலக்குதல் என்று கூறலாம். இந்த வழியிலிருந்து விலக்கும் அமைப்பு தானாகவே காற்றாலையை காற்று வீசும் திசைக்கேற்பத் திருப்பிவிடும். நேரச்சு காற்றாலையோ எந்த திசையிலிருந்து காற்று வீசினாலும் அதை பெற்றுக்கொள்வதால், அவற்றுக்கு விலக்கல் கட்டுப்பாடு அவசியமில்லை.

Lasertypeset at Capital Creations, New Delhi and printed at Jupiter Offset, Delhi